

ISSN 2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ
«ХАЛЫҚ» ЖҚ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»
ЧФ «Халық»

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN
«Halyk» Private Foundation

**SERIES
PHYSICS AND INFORMATION TECHNOLOGY**

2 (350)

APRIL – JUNE 2024

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963
PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK



ЧФ «ХАЛЫҚ»

В 2016 году для развития и улучшения качества жизни казахстанцев был создан частный Благотворительный фонд «Халык». За годы своей деятельности на реализацию благотворительных проектов в областях образования и науки, социальной защиты, культуры, здравоохранения и спорта, Фонд выделил более 45 миллиардов тенге.

Особое внимание Благотворительный фонд «Халык» уделяет образовательным программам, считая это направление одним из ключевых в своей деятельности. Оказывая поддержку отечественному образованию, Фонд вносит свой посильный вклад в развитие качественного образования в Казахстане. Тем самым способствуя росту числа людей, способных менять жизнь в стране к лучшему – профессионалов в различных сферах, потенциальных лидеров и «великих умов». Одной из значимых инициатив фонда «Халык» в образовательной сфере стал проект *Ozgeris powered by Halyk Fund* – первый в стране бизнес-инкубатор для учащихся 9-11 классов, который помогает развивать необходимые в современном мире предпринимательские навыки. Так, на содействие малому бизнесу школьников было выделено более 200 грантов. Для поддержки талантливых и мотивированных детей Фонд неоднократно выделял гранты на обучение в Международной школе «Мирас» и в *Astana IT University*, а также помог казахстанским школьникам принять участие в престижном конкурсе «*USTEM Robotics*» в США. Авторские работы в рамках проекта «Тәлімгер», которому Фонд оказал поддержку, легли в основу учебной программы, учебников и учебно-методических книг по предмету «Основы предпринимательства и бизнеса», преподаваемого в 10-11 классах казахстанских школ и колледжей.

Помимо помощи школьникам, учащимся колледжей и студентам Фонд считает важным внести свой вклад в повышение квалификации педагогов, совершенствование их знаний и навыков, поскольку именно они являются проводниками знаний будущих поколений казахстанцев. При поддержке Фонда «Халык» в южной столице был организован ежегодный городской конкурс педагогов «*Almaty Digital Ustaz*».

Важной инициативой стал реализуемый проект по обучению основам финансовой грамотности преподавателей из восьми областей Казахстана, что должно оказать существенное влияние на воспитание финансовой грамотности и предпринимательского мышления у нового поколения граждан страны.

Необходимую помощь Фонд «Халык» оказывает и тем, кто особенно остро в ней нуждается. В рамках социальной защиты населения активно проводится работа по поддержке детей, оставшихся без родителей, детей и взрослых из социально уязвимых слоев населения, людей с ограниченными возможностями, а также обеспечению нуждающихся социальным жильем, строительству социально важных объектов, таких как детские сады, детские площадки и физкультурно-оздоровительные комплексы.

В копилку добрых дел Фонда «Халык» можно добавить оказание помощи детскому спорту, куда относится поддержка в развитии детского футбола и карате в нашей стране. Жизненно важную помощь Благотворительный фонд «Халык» оказал нашим соотечественникам во время недавней пандемии COVID-19. Тогда, в разгар тяжелой борьбы с коронавирусной инфекцией Фонд выделил свыше 11 миллиардов тенге на приобретение необходимого медицинского оборудования и дорогостоящих медицинских препаратов, автомобилей скорой медицинской помощи и средств защиты, адресную материальную помощь социально уязвимым слоям населения и денежные выплаты медицинским работникам.

В 2023 году наряду с другими проектами, нацеленными на повышение благосостояния казахстанских граждан Фонд решил уделить особое внимание науке, поскольку она является частью общественной культуры, а уровень ее развития определяет уровень развития государства.

Поддержка Фондом выпуска журналов Национальной Академии наук Республики Казахстан, которые входят в международные фонды Scopus и Wos и в которых публикуются статьи отечественных ученых, докторантов и магистрантов, а также научных сотрудников высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов нашей страны является не менее значимым вкладом Фонда в развитие казахстанского общества.

**С уважением,
Благотворительный Фонд «Халык»!**

БАС РЕДАКТОР:

МУТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

МАМЫРБАЕВ Өркен Жұмажанұлы, ақпараттық жүйелер мамандығы бойынша философия докторы (Ph.D), ҚР БҒМ Ғылым комитеті «Ақпараттық және есептеуші технологиялар институты» РМК жауапты хатшысы (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), **Н=7**

БАЙГУНЧЕКОВ Жұмаділ Жанабайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, Сатпаев университетінің Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы, (Алматы, Қазақстан), **Н=3**

ВОЙЧИК Вальдемар, техника ғылымдарының докторы (физика), Люблин технологиялық университетінің профессоры (Люблин, Польша), **Н=23**

БОШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=10**

QUEVEDO Nemando, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), **Н=28**

ЖҮСІПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=7**

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), **Н=5**

РАМАЗАНОВ Тілекқабұл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан), **Н=26**

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), **Н=42**

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан-Британ техникалық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=10**

ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=12**

КАЛАНДРА Пьетро, Ph.D (физика), Нанокұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия), **Н=26**

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика және информатика сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 14.02.2018 ж. берілген **№ 16906-Ж** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *физика және ақпараттық коммуникациялық технологиялар сериясы*. Қазіргі уақытта: *«ақпараттық технологиялар» бағыты бойынша ҚР БҒМ БҒСБК ұсынған журналдар тізіміне енді.*

Мерзімділігі: *жылына 4 рет.*

Тиражы: *300 дана.*

Редакцияның мекен-жайы: *050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19*
http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

МУТАНОВ Галимжаир Мутанович, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК (Алматы, Казахстан), **Н=5**

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

МАМЫРБАЕВ Оркен Жумажанович, доктор философии (PhD) по специальности Информационные системы, ответственный секретарь РГП «Института информационных и вычислительных технологий» Комитета науки МОН РК (Алматы, Казахстан), **Н=5**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), **Н=7**

БАЙГУНЧЕКОВ Жумадил Жанабаевич, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Институт кибернетики и информационных технологий, кафедра прикладной механики и инженерной графики, Университет Сагпаева (Алматы, Казахстан), **Н=3**

ВОЙЧИК Вальдемар, доктор технических наук (физ.-мат.), профессор Люблинского технологического университета (Люблин, Польша), **Н=23**

БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич, доктор Ph.D, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=10**

QUEVEDO Hemando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), **Н=28**

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=7**

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), **Н=5**

РАМАЗАНОВ Тлексабул Сабитович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, проректор по научно-инновационной деятельности, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=26**

ТАКИБАЕВ Нургали Жабагаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=5**

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), **Н=42**

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахстанско-Британский технический университет (Алматы, Казахстан), **Н=10**

ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович, доктор физико-математических наук, профессор, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=12**

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), **Н=26**

«Известия НАН РК. Серия физика и информатики».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Собственник: *Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).*

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан **№ 16906-Ж** выданное 14.02.2018 г.

Тематическая направленность: *серия физика и информационные коммуникационные технологии.* В настоящее время: *вошел в список журналов, рекомендованных ККСОН МОН РК по направлению «информационные коммуникационные технологии».*

Периодичность: *4 раз в год.*

Тираж: *300 экземпляров.*

Адрес редакции: *050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19*

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

EDITOR IN CHIEF:

MUTANOV Galimkair Mutanovich, doctor of technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, acting director of the Institute of Information and Computing Technologies of SC MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H=5**

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

MAMYRBAYEV Orken Zhumazhanovich, Ph.D. in the specialty "Information systems, executive secretary of the RSE "Institute of Information and Computational Technologies", Committee of Science MES RK (Almaty, Kazakhstan) **H=5**

EDITORIAL BOARD:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), **H=7**

BAYGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabayevich, doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Institute of Cybernetics and Information Technologies, Department of Applied Mechanics and Engineering Graphics, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), **H=3**

WOICIK Waldemar, Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor, Lublin University of Technology (Lublin, Poland), **H=23**

BOSHKAYEV Kuantai Avgazievich, PhD, Lecturer, Associate Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=10**

QUEVEDO Hemando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), **H=28**

ZHUSSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=7**

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician of NAS of Ukraine, Director of the State Institution «Institute of Applied Mathematics and Mechanics» DPR (Donetsk, Ukraine), **H=5**

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Vice-Rector for Scientific and Innovative Activity, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=26**

TAKIBAYEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=5**

TIGHINEANU Ion Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician, Full Member of the Academy of Sciences of Moldova, President of the AS of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), **H=42**

KHARIN Stanislav Nikolayevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), **H=10**

DAVLETOV Askar Erbulanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=12**

CALANDRA Pietro, PhD in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy), **H=26**

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

Series of physics and informatics.

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty). The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan **No. 16906-ЖК**, issued 14.02.2018
Thematic scope: *series physics and information technology.*

Currently: *included in the list of journals recommended by the CCSES MES RK in the direction of «information and communication technologies».*

Periodicity: *4 times a year.*

Circulation: *300 copies.*

Editorial address: *28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19*

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

NEWS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES
ISSN 1991-346X
Volume 2. Number 350 (2024). 7–29
<https://doi.org/10.32014/2024.2518-1726.263>

© **N. Abdrazakuly^{1*}, L. Cherikbayeva¹, N. Mukazhanov², Zh. Alibiyeva², 2024**

¹Al-Farabi Kazakh National University;

²KazNITU named after K.I. Satbayev.

E-mail: nura2242@mail.ru

CREATING AN EFFECTIVE IMAGE PROCESSING ALGORITHM BASED ON AN ENSEMBLE APPROACH

Abdrazakuly Nurassyl — Master's student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: nura2242@mail.ru. ORCID ID: 0009-0000-8280-1503;

Cherikbayeva Lyailya — PhD, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: cherikbayeva.lyailya@gmail.com. ORCID ID: 0000-0001-8948-4205;

Mukazhanov Nurzhan — PhD, KazNITU named after K.I.Satbayev, Almaty, Kazakhstan
E-mail: mukazhanovn@gmail.com. ORCID ID: 0000-0003-4835-5751;

Alibiyeva Zhibek — PhD, KazNRTU named after K.I.Satbayev, Almaty, Kazakhstan
E-mail: alibieva_j@mail.ru. ORCID ID: 0000-0001-9565-5621.

Abstract. The World Health Organization reports that over 17 million people die annually worldwide from circulatory system diseases, with half of these deaths caused by coronary artery disease and stroke. Projections indicate that if current trends persist, the annual death toll from these diseases could reach 25 million by 2024. Stroke is a structurally complex disease based on various pathogenetic mechanisms. Given the multicomponent nature of this pathology, as well as its complex structure, the medical community has developed various assessment algorithms based on the recognition of various symptoms. Determining the effectiveness of these algorithms is recognized as the most important. Incorrect symptoms appear as a result of inaccuracies made by the radiologist in the process of manual annotation of CT images. Helps the patient to prevent errors that occur during diagnosis. The convolutional neural network (CNN) is used to perform image classification in a collection of brain stroke data. Since the data set is small, the training of the entire neural network does not give good results, so for more accurate results, Model Learning uses the concept of transfer learning. Transfer learning is a technique in which a model of a particular task is used as a starting point for another task. In particular, for the problem posed in the work, the Inception v3 model with Imagenet scales is used. When using machine learning, a data set with computed tomographic images of 2,515 normal and stroke-affected areas of the brain was obtained. The task of the created neural network is to classify a given image, that is, to determine whether it is normal or damaged. Using this algorithm, the accuracy increased from 65 percent to 99.2 percent, and the cost decreased from 7.532 percent to 0.756 percent. Key indicators: 99.6 % accuracy, 99.2 % review, F1-the price was 99.1 %.

Keywords: CT Images, CNN, Deep learning, Medical imaging, Stroke detection, ResNet-50, Segmentation, VGG-19

© Н. Абдразақұлы^{1*}, Л. Черикбаева¹, Н. Мукажанов², Ж. Алибиева², 2024

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті;

² Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті.

E-mail: nura2242@mail.ru

АНСАМБЛЬДІК ТӘСІЛ НЕГІЗІНДЕ КЕСКІНДІ ӨНДЕУДІҢ ТИІМДІ АЛГОРИТМІН ҚҰРУ

Абдразақұлы Нұрасыл — магистрант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: nura2242@mail.ru. ORCID ID: 0009-0000-8280-1503;

Черикбаева Ляйля Шариповна — PhD, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: cherikbayeva.lyailya@gmail.com. ORCID ID: 0000-0001-8948-4205;

Мукажанов Нуржан Какенович — PhD, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: mukazhanovn@gmail.com. ORCID ID: 0000-0003-4835-5751;

Алибиева Жибек Мейрамбековна — PhD, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: alibieva_j@mail.ru. ORCID ID: 0000-0001-9565-5621.

Аннотация. Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының мәліметі бойынша, әлемде жыл сайын 17 миллионнан астам адам қан айналымы жүйесінің ауруларынан қайтыс болады, олардың жартысы коронарлық артерия ауруы мен ми инсультінен қайтыс болады. Болжамдық бағалаулар қазіргі өсу қарқынын сақтай отырып, қан айналымы жүйесі ауруларынан болатын өлім-жітім 2024 жылға қарай дүние жүзінде жылына 25 миллион адамға жетуі мүмкін екенін көрсетеді. Инсульт-бұл әртүрлі патогенетикалық механизмдерге негізделген құрылымдық күрделі ауру. Бұл патологияның көп компоненттілігін, сондай-ақ оның күрделі құрылымын ескере отырып, медициналық қауымдастық әртүрлі белгілерді тануға негізделген әртүрлі бағалау алгоритмдерін әзірледі. Бұл алгоритмдердің тиімділігін анықтау ең маңызды деп танылды. Қате белгілер КТ кескіндерін қолмен аннотациялау процесінде рентгенолог жасаған дәлсіздіктер нәтижесінде пайда болады. Науқасқа диагноз кезінде пайда болатын қателіктердің алдын алуға көмектеседі. Конволюциялық нейрондық желі (CNN) мидың инсульт деректері жинағында кескіндерді классификациялауды орындау үшін қолданылады. Деректер жиынтығы аз болғандықтан, бүкіл нейрондық желіні оқыту жақсы нәтиже бермейді, сондықтан дәлірек нәтиже алу үшін модельдік оқыту трансферлік оқыту тұжырымдамасын қолданады. Трансферлік оқыту-бұл белгілі бір тапсырманың моделі басқа тапсырманың бастапқы нүктесі ретінде қолданылатын әдіс. Атап айтқанда, жұмыста қойылған мәселе үшін Imagenet шкалалары бар Inception v3 моделі қолданылады. Машиналық оқытуды пайдалану кезінде мидың 2515 қалып-

ты және инсульттан зардап шеккен аймақтарының компьютерлік томографиялық суреттері бар деректер жинағы алынды. Құрылған нейрондық желінің міндеті-берілген кескінді классификациялау, яғни оның қалыпты немесе зақымдалған екенін анықтау. Осы алгоритмді қолдана отырып, дәлдік 65 пайыздан 99,2 пайызға дейін өсті, ал шығындар 7,532 пайыздан 0,756 пайызға дейін төмендеді. Негізгі көрсеткіштер: 99,6 % дәлдік, 99,2 % шолу, F1-баға 99,1 % болды.

Түйін сөздер: CT Images, CNN, Deep learning, Medical imaging, Stroke detection, ResNet-50, Segmentation, VGG-19

© Н. Абдразақұлы^{1*}, Л. Черикбаева¹, Н. Мукажанов², Ж. Алибиева², 2024

¹Қазақский национальный университет им. аль-Фараби;

²КазНИТУ им. К.И. Сатпаева.

E-mail: nura2242@mail.ru

СОЗДАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ АНСАМБЛЕВОГО ПОДХОДА

Абдразақұлы Нұрасыл — Қазақский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Қазақстан
E-mail: nura2242@mail.ru. ORCID ID: 0009-0000-8280-1503;

Черикбаева Ляйля Шариповна — PhD, Қазақский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Қазақстан

E-mail: cherikbayeva.lyailya@gmail.com. ORCID ID: 0000-0001-8948-4205;

Мукажанов Нуржан Какенович — PhD, КазНИТУ им. К.И. Сатпаева, Алматы, Қазақстан

E-mail: mukazhanovn@gmail.com. ORCID ID: 0000-0003-4835-5751;

Алибиева Жибек Мейрамбековна — PhD, КазНИТУ им.К.И.Сатпаева, Алматы, Қазақстан

E-mail: alibieva_j@mail.ru. ORCID ID: 0000-0001-9565-5621.

Аннотация. По данным Всемирной организации здравоохранения, более 17 миллионов человек во всем мире ежегодно умирают от болезней системы кровообращения, половина из них умирает от ишемической болезни сердца и инсульта головного мозга. Прогнозные оценки показывают, что, сохраняя текущие темпы роста, смертность от заболеваний системы кровообращения к 2024 году может достигать 25 миллионов человек в год во всем мире. Инсульт — это структурно сложное заболевание, основанное на различных патогенетических механизмах. Учитывая многокомпонентность этой патологии, а также ее сложную структуру, медицинское сообщество разработало различные алгоритмы оценки, основанные на распознавании различных симптомов. Определение эффективности этих алгоритмов было признано наиболее важным. Неправильные симптомы возникают в результате неточностей, сделанных радиологом в процессе ручной аннотации изображений компьютерной томографии. Помогает пациенту предотвратить ошибки, возникающие при постановке диагноза. Сверточная нейронная сеть (CNN) используется для классификации изображений в наборе данных об инсульте мозга. Поскольку набор данных невелик, обучение всей нейронной сети не дает хороших результатов, поэтому для получения более точных результатов модельное обучение использует концепцию трансферного обучения. Трансферное

обучение — это метод, при котором модель конкретной задачи используется в качестве отправной точки для другой задачи. В частности, для поставленной задачи в работе используется модель Inception v3 со шкалами Imagenet. При использовании машинного обучения был получен набор данных с компьютерными томографическими изображениями 2515 нормальных и пораженных инсультом областей мозга. Задача созданной нейронной сети-классифицировать данное изображение, то есть определить, является ли оно нормальным или поврежденным. Используя этот алгоритм, точность увеличилась с 65 процентов до 99,2 процента, а затраты снизились с 7, 532 процентов до 0, 756 процентов. Ключевые показатели: точность 99,6 %, обзор 99,2 %, оценка F1 составила 99,1 %.

Ключевые слова: компьютерная томография, CNN, глубокое обучение, медицинская визуализация, обнаружение инсульта, ResNet-50, Сегментация, VGG-19

Кіріспе

Компьютерлік көру және машиналық оқыту саласындағы жетістіктер кескінді классификациялау міндеттерін айтарлықтай жақсартуға жол ашты. Бұл технологиялар дамып келе жатқандықтан, зерттеушілер мұндай тапсырмалардың дәлдігі мен сенімділігін арттырудың инновациялық тәсілдерін іздейді. Бұл тұрғыда ұжымдық оқыту тұжырымдамасы көптеген жеке модельдердің күшті жақтарынан пайда табудың, олардың әлсіз жақтарын жұмсартудың және сайып келгенде, жоғары өнімділікке қол жеткізудің қуатты стратегиясы ретінде пайда болды.

Бұл зерттеу компьютерлік көрудің маңызды мәселесі кескіндерді дәл классификациялау есебін шешу үшін VGG-19, CNN және ResNet-50 нейрондық желілерінің үлгілерін қамтитын ансамбльді пайдалануды қарастырады. Мұнда ансамбльді құруда әр модельдің айрықша қасиеттерін пайдалану, олардың кескіндерді классификациялаудың дәл және сенімді нәтижелерін алу үшін әр түрлі мүмкіндіктерін пайдалану болды (Dobshik et al., 2021).

Бұл зерттеудің мақсаты ансамбль ішіндегі модельдерді синергетикалық интеграциялау арқылы осы атрибуттарды пайдалану болды. Жеке модельдердің болжамдарын мұқият түзету және біріктіру арқылы классификациялау дәлдігін айтарлықтай жақсартуға қол жеткізілді. Ансамбльдік тәсіл кескіндерді классификациялаудың әртүрлі мүмкіндіктерін ашты, осылайша неғұрлым дәл шешімдер қабылдауға мүмкіндік берді.

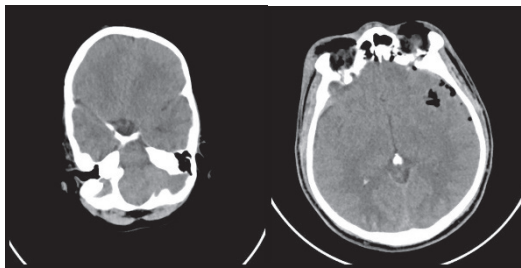
Алгоритмдер ансамблін пайдалану үшін CNN, VGG-19 және ResNet-50 әртүрлі архитектуралық сызбаларына сәйкес мұқият таңдалған әрбір жеке нейрондық желі үшін дискретті модельдерді бастапқы құрудың негізгі кезеңдерінің тізбегін қамтыды. Кейіннен бұл модельдер әр желінің оқу ерекшеліктерін ескере отырып жетілдірілді. Содан кейін әр модель арқылы сынақ деректерін өткізу арқылы болжамдар жасалды, бұл болжамдардың толық жиынтығын берді. Негізгі кезең дауыс беру механизмі арқылы орындалған осы болжамдарды біріктіруді қамтыды. Дауыс беру механизмі барлық үш модельдің болжамдарын біріктіру үшін қарапайым көпшілік принципін қолданды. Модельдер арасында ең көп дауыс жинаған класс ансамбльдің консенсус болжамы ретінде таңдалды (Dong et al., 2014: 295–307).



1-сурет. Датасет иерархиясы

Әдістер мен материалдар

Зерттеу жұмысында кескіндерді өңдеудің оңтайлы ансамбльдік алгоритмдерін зерттеу жұмысы жүргізілді және Бангладеш Республикасының Ұлттық зерттеу ауруханасындағы өткізілген диагностикалар нәтижесінде алынған компьютерлік томографиямен сынау барысында жасалынған датасет қолданылды. Датасетте 2501 қайталанбайтын мидың томографиялық кескіндері алынған. Кескіндер оқыту, тестілеу, валидация бумаларына бөлінді (1-сурет). Әр бума ішінде инсультке шалдықпаған ми кескіндері мен инсульт анықталған ми кескіндері салынған.



2-сурет. Инсультке ұшыраған және сау мидің компьютерлік томографиялық кескіндері

Датасет: Компьютерлік томография кескіндері (Rahman, 2021)

Деректердің өлшемі: Датасет 2501 кескіннен тұрады. Оның 1551-і сау ми, 950-і инсультке ұшыраған ми кескіндері (2-сурет). Дереккөз салмағы 70 МБайтты құрайды.

Деректер түрі: барлық кескіндер .jpg форматында ұсынылған.

Мақсатты айнымалы: мақсатты айнымалы ми кескінінің 2 түрінің кластарымен ұсынылған: сау ми кескіндері, инсультті ми кескіндері

Деректерді алдын-ала өңдеу: Бұл деректер жиынтығында деректерді алдын-ала өңдеу қажет емес, өйткені барлық кескіндерде суреттік және жетіспейтін мәндер жоқ.

Оқыту, тексеру және сынақ үлгілеріне бөлу: dataset оқыту үлгісіне (жалпы көлемнің 74 %), тексеру үлгісіне (17 %) және сынақ үлгісіне (9 %) бөлінді (3-сурет).

Деректер мәселелері: деректер жиынында жетіспейтін мәндер немесе шығарындылар сияқты деректер мәселелері табылмады.

Датасетке сілтеме: <https://www.kaggle.com/datasets/afriDIRahman/brain-stroke-ct-image-dataset>

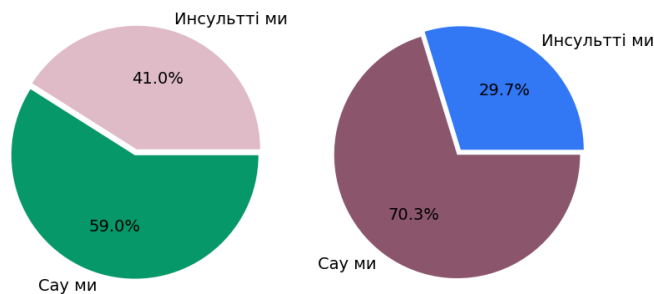
Датасет стандарты: Датасет халықаралық DICOM стандарты бойынша жасалған. Медицинадағы цифрлық бейнелеу және коммуникация (DICOM)

— сандық медициналық кескіндерді бөлісуге, сақтауға және беруге қатысты халықаралық стандарт. Бұл формат пайда болғанға дейін медициналық суреттерді берудің стандартталған әдісі болған жоқ. Ал 16 биттік DICOM кескіндері (-32768 және 32767 диапазонындағы мәндермен), сұр кескіндегі басқа 8 биттік кескіндер 0-ден 255-ке дейінгі мәндерді сақтайды.

DICOM стандартын электрондық жабдық өндірушілерінің Ұлттық қауымдастығы (National Electrical Manufacturers Association) әзірледі. Стандарт шеңберінде кескіннің жеке кадрларын, кадрлар сериясын, пациент туралы ақпаратты, зерттеуді, жабдықты, мекемелерді, тексеруді жүргізетін медициналық персоналды және сол сияқтыларды құру, сақтау, беру және басып шығару функциялары қамтылады (Караев, 2019).

DICOM стандартымен екі ақпараттық деңгей анықталды:

- файл деңгейі-DICOM File (DICOM файлы)-кескін жақтауын (немесе кадрлар сериясын) және ілеспе немесе басқару ақпаратын көрсетуге арналған тегтік ұйымы бар объект файлы;
- желілік (байланыс)-DICOM Network Protocols (желілік DICOM — протокол)-DICOM файлдарын және TCP/IP қолдайтын желілер арқылы DICOM басқару командаларын тасымалдауға арналған.



3-сурет. Оқыту және тестілеу бумаларындағы суреттер қатынасы

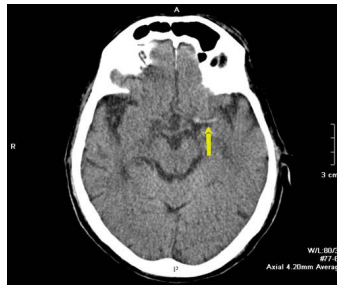
Инсультті компьютерлік томография арқылы анықтау

Инсультпен компьютерлік томография қан кетуді (геморрагиялық инсульт) инфаркттан ажыратуға және дұрыс емдеуді уақтылы бастауға мүмкіндік береді, бұл зақымдануды шектеуге және асқынулардың дамуын болдырмауға мүмкіндік береді (Krizhevsky et al., 2012).

Артерия тығыздығының жоғарылауының симптом-ишемиялық инсульттің ерте жанама белгісі. Бұл жағдайда ми артериясының жедел окклюзиясы оның кескін тығыздығының жоғарылауы түрінде көрінеді.

Көптеген авторлар жарты шар тәрізді ишемиялық инсульттің алғашқы белгілеріне сұр және ақ заттардың дифференциациясының жоғалуын және кортикальды гирустың тегістелуін жатқызады. Мидың геморрагиялық инсульті болған кезде бізде КТ – да типтік көрініс бар-ми затында ақшыл, ақ дақ түрінде тығыздығы жоғары аймақтың болуы. Инсульт нәтижесінде пайда болған ми ішілік гематомалар ми затының тереңдігінде орналасқан, ал травматикалық гематомалар периферияда орналасқан (4-сурет). Церебральды қан кету кезінде біз геморрагиялық

(5-сурет) мазмұнның қарыншалық люменге және субарахноидты кеңістіктерге жетуін жақсы бағалай аламыз.



4-сурет. Сол жақ ортаңғы артерия тығыздығының жоғарылау симптомы



5-сурет. Сұр және ақ дифференциацияның төмендеуі сол жақ кортикальды гирустың тегістігі ми жарты шары

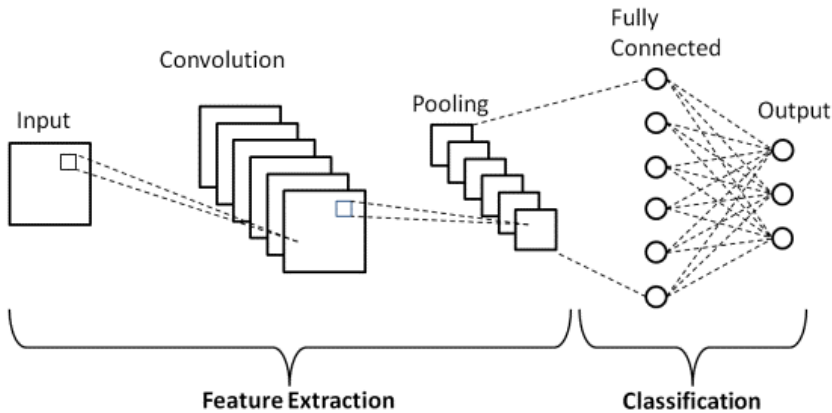
Бұл жұмыста Brain Stroke деректер жинағындағы кескіндерді классификация үшін конволюциялық нейрондық желісі (CNN) қолданылды. Дегенмен, деректер жиынтығының шағын көлеміне байланысты бүкіл нейрондық желіні оқыту қанағаттанарлық нәтиже бермейді. Шешім ретінде біз модельді оқыту және дәлірек нәтижелерге қол жеткізу үшін оқытуды тасымалдау тұжырымдамасын пайдалануды шештік (Szegedy et al., 2015).

Бұл модель ImageNet деректер жинағындағы көптеген суреттермен оқытылды. Осы модельді қолдана отырып және оны Brain Stroke деректер жиынтығына бейімдей отырып, біз модельді нөлден үйреткеннен гөрі әлдеқайда дәл нәтижелерге қол жеткіздік.

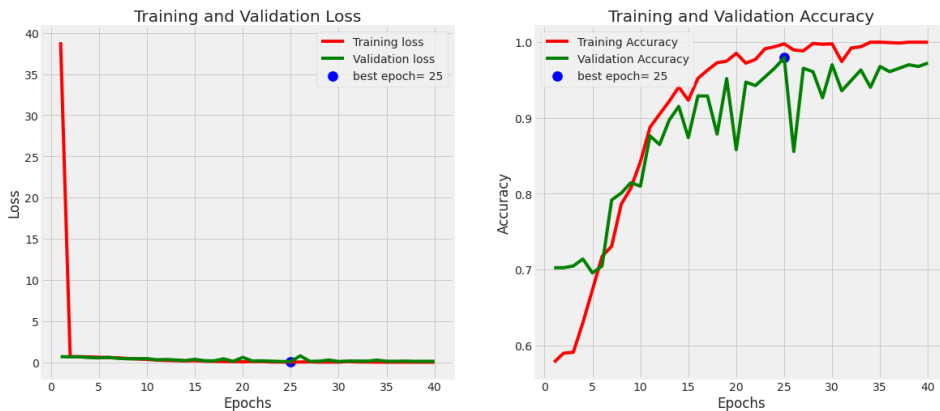
Нәтижесінде, бастапқы нүкте ретінде imagenet таразысы бар оқытуды тасымалдау және inceptionv3 үлгісін пайдалана отырып, Brain Stroke деректер жинағындағы кескіндерді классификация үшін жоғары дәлдіктегі үлгіні үйрете алдық. Бұл тәсіл бізге уақыт пен есептеу ресурстарын үнемдеп қана қоймай, басқаша алуға қарағанда дәлірек нәтижелерге әкелді. Терең оқытуда конволюциялық нейрондық желі (CNN) визуалды кескіндерді талдау үшін жиі қолданылатын жасанды нейрондық желілер класы болып табылады (Litjens et al., 2017). CNN олардың қабаттарының кем дегенде бірінде әдеттегі матрицалық көбейтудің орнына конволюция деп аталатын математикалық операцияны қолданады (6-сурет). Олар пиксельдік деректерді өңдеу үшін арнайы жасалған және кескіндерді тану мен өңдеуде қолданылады. Олар кескін мен бейнені тануда, ұсыныс жүйелерінде,

кескінді классификацияда, кескінді сегментациялауда, медициналық кескінді талдауда қолданылады, табиғи тілді өңдеу, ми-компьютер интерфейстері, және қаржылық уақыт қатарлары (Cheng & Zhou, 2020).

Конволюциялық нейрондық желілерді қолданатын инсульт классификациясы медициналық кескіндерді талдауда терең оқытудың кең таралған қолданылуы болып табылады (7-сурет). CNN-бұл суреттердегі заңдылықтарды анықтауда әсіресе тиімді болатын нейрондық желілердің бір түрі, бұл оларды анықтау сияқты тапсырмаларға өте қолайлы етеді (Ravindaran et al., 2023).



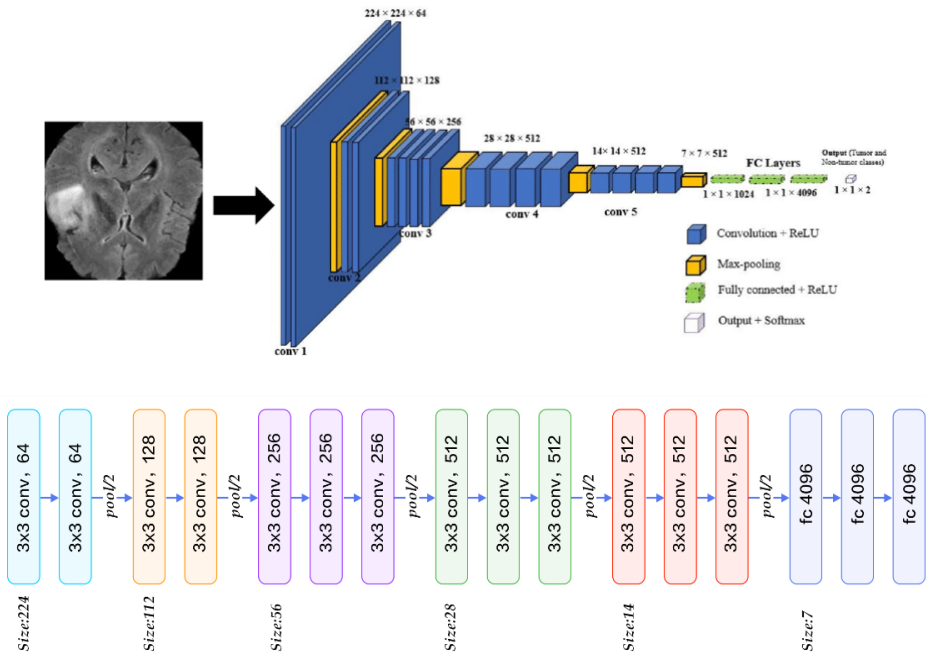
6-сурет. Конволюциялық нейрондық желінің архитектурасы



7-сурет. CNN нейрондық желісін оқыту барысы

VGG толық атауы — Оксфорд университетінің ғылым және инженерия бөліміне жататын визуалды геометрия тобы. Компания VGG16-дан VGG19-ға дейінгі бетті тану және кескінді классификация үшін қолдануға болатын VGG-ден бастап конволюциялық желілік модельдер сериясын шығарды. VGG конволюциялық желілердің тереңдігін зерттеудің бастапқы мақсаты конволюциялық желілердің тереңдігі ауқымды кескіндерді классификация және тану дәлдігіне қалай әсер ететінін түсіну болып табылады. -Deep-16 CNN желі деңгейлерінің санын көбейту және тым көп параметрлерді болдырмау үшін барлық қабаттар 3x3 шағын конволюция ядросын пайдаланады (Shaha & Pawar, 2018).

VGG кірісі 224x224 өлшемді RGB кескініне орнатылған. Орташа RGB кескіндер жиынтығындағы барлық кескіндер үшін есептеледі, содан кейін кескін VGG конволюциялық желісіне кіріс ретінде енгізіледі. 3x3 немесе 1x1 сүзгісі қолданылады және жинақтау қадамы бекітілген. . Толық қосылған 3 VGG қабаты бар, олар VGG11-ден VGG19-ға дейін, конволюциялық қабаттардың жалпы санына + толық қосылған қабаттарға байланысты болуы мүмкін. Минималды VGG11-де 8 конволюциялық қабат және 3 толық қосылған қабат бар. Максималды VGG19-да 16 конволюциялық қабат бар. + 3 толық қосылған қабат (8-сурет). Сонымен қатар, VGG желісінен кейін әр конволюциялық қабаттың артынан біріктіруші қабат немесе әртүрлі конволюциялық қабаттардың астына таралған барлығы 5 біріктіруші қабат болмайды (He et al., 2016).



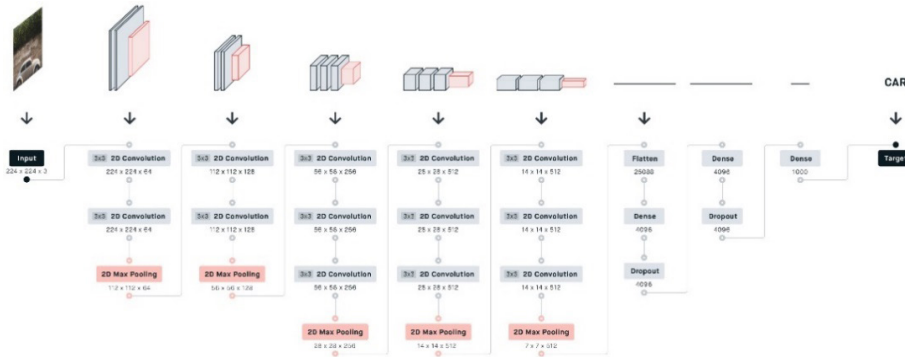
8-сурет. VGG-19 нейрондық желісінің архитектурасы

VGG16 құрамында 16 қабат, ал VGG19 құрамында 19 қабат бар. VGG сериесі соңғы үш толық біріктірілген қабатта дәл солай. Жалпы құрылымға 5 конволюциялық қабаттар жиынтығы, содан кейін MaxPool кіреді.

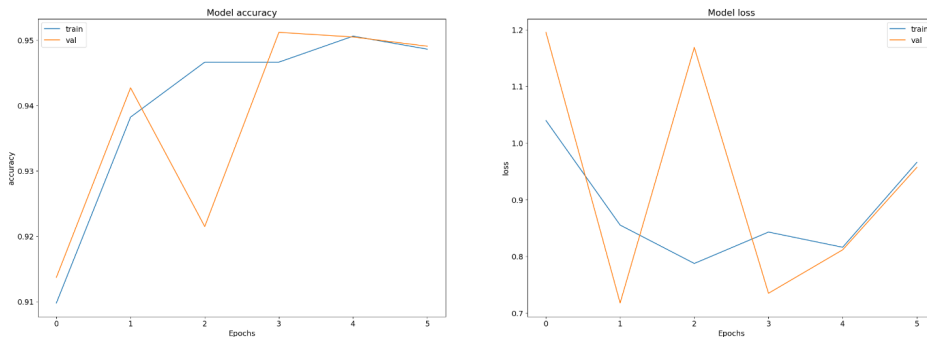
	Layer	Feature Map	Size	Kernel Size	Stride	Activation
	Input	Image	1	224 x 224 x 3	-	-
1	2 X Convolution	64	224 x 224 x 64	3x3	1	relu
	Max Pooling	64	112 x 112 x 64	3x3	2	relu
3	2 X Convolution	128	112 x 112 x 128	3x3	1	relu
	Max Pooling	128	56 x 56 x 128	3x3	2	relu
5	2 X Convolution	256	56 x 56 x 256	3x3	1	relu
	Max Pooling	256	28 x 28 x 256	3x3	2	relu
7	3 X Convolution	512	28 x 28 x 512	3x3	1	relu
	Max Pooling	512	14 x 14 x 512	3x3	2	relu
10	3 X Convolution	512	14 x 14 x 512	3x3	1	relu
	Max Pooling	512	7 x 7 x 512	3x3	2	relu
13	FC	-	25088	-	-	relu
14	FC	-	4096	-	-	relu
15	FC	-	4096	-	-	relu
Output	FC	-	1000	-	-	Softmax

9-сурет. VGG-19 нейрондық желісінің архитектурасы

VGGNet - те әр конволюция деңгейінде 2-ден 4-ке дейін конволюция операциялары болады. Конволюция ядросының өлшемі 3x3, конволюция қадамының өлшемі 1, біріктіру ядросы 2x2, ал қадам өлшемі 2 (9-сурет). VGGNet-тің ең айқын жақсаруы - конволюция ядросының көлемін азайту және конволюция қабаттарының санын көбейту (10-сурет).



10-сурет. VGG нейрондық желісінің жұмыс жасау алгоритмі

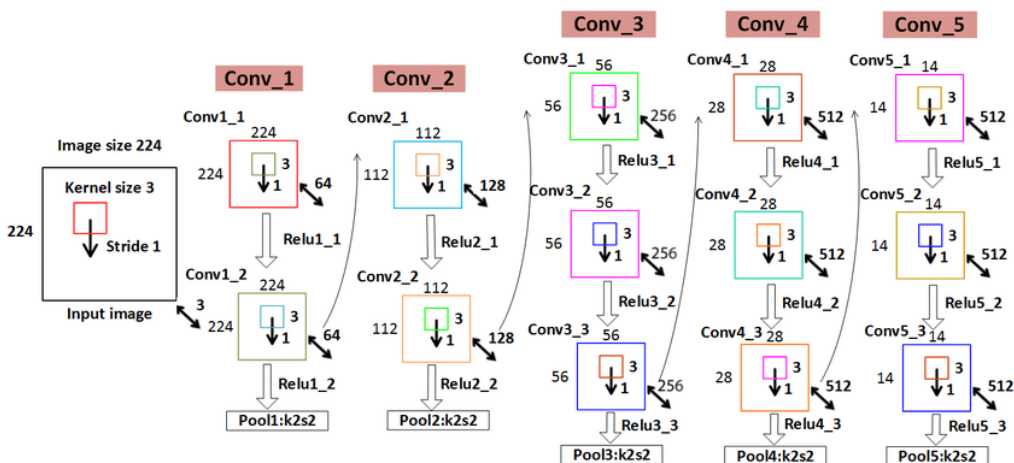


11-сурет. VGG нейрондық желісін оқыту

VGG нейрондық желісін оқыту барысында (11-сурет) келесідей орындалды (Nithya et al., 2023):

1. Деректерді дайындау: деректер жиынтығы жиналды және дайындалды. Деректерді жаттығу және сынақ үлгілеріне бөлу жүргізілді.
2. Алдын ала дайындалған салмақтарды жүктеу: Keras немесе pytorch кітапханалары сияқты қол жетімді көздерден жүктелген алдын ала дайындалған салмақтар қолданылды.
3. Модель құру: VGG нейрондық желісінің архитектурасы модельдің таңдалған нұсқасын қолдана отырып жасалды.
4. Модельдік оқыту: жаттығу үлгісін және жоғалту функциясын (мысалы, кросс-энтропия) қолдана отырып, модель оқытылды. Оқу процесінде әр оқу дәуірінде желі салмағын реттеу үшін оңтайландырғыш қолданылды. Оқу жылдамдығы және пакет өлшемі сияқты оқу параметрлері нақты талаптарды ескере отырып таңдалды.
5. Модельді бағалау: оқу аяқталғаннан кейін модель сынақ үлгісінде бағаланды. Модельдің сапасын бағалау үшін дәлдік көрсеткіштері (accuracy) және басқа Көрсеткіштер есептелді.
6. Баптау және жақсарту: егер нәтижелер қойылған талаптарға сәйкес келмесе, модельді баптау әдістері қолданылды. Бұл модель параметрлерін өзгертуді, деректерді реттеуді немесе күшейтуді қолдануды қамтуы мүмкін.
7. Модельді қолдану: сәтті оқытудан кейін оқытылған VGG моделі жаңа кескіндерді, болжамдарды немесе ол әзірленген басқа тапсырмаларды классификация үшін пайдаланылуы мүмкін (Sugiarto et al., 2023).

Бір жағынан, конволюция ядролары бар үлкен конволюция қабатының орнына кішірек конволюция ядролары бар бірнеше конволюция қабаттарын пайдалану параметрлерді төмендетуі мүмкін және автор бұл сызықтық емес картаға тең деп санайды, бұл сәйкестікті білдіру мүмкіндігін арттырады (12-сурет).



12-сурет. VGG нейрондық желісінің жұмыс жасау алгоритмі.

3x3 өлшемді екі қатарлы конволюция 5x5 өлшемді сезімтал өріске тең, ал үшеуі 7x7-ге тең. Бір 7x7 конволюцияның орнына үш 3x3 конволюцияны қолданудың артықшылықтары екі жақты: біріншіден, бір қабаттың орнына үш ReLU

қабатын қосу шешім қабылдау функциясын неғұрлым түсінікті етеді; екіншіден, параметрлерді азайтады. 1x1 конволюция қабаты негізінен конволюция қабатының сезімтал өрісіне әсер етпестен шешім қабылдау функциясының сызықтық ұлғайтуын арттыруға арналған. 1x1 конволюция операциясы сызықтық болғанымен, ReLU сызықтық емес қосады (Weikmann et al., 2023).

ConvNet Configuration					
A	A-LRN	B	C	D	E
11 weight layers	11 weight layers	13 weight layers	16 weight layers	16 weight layers	19 weight layers
input (224 × 224 RGB image)					
conv3-64	conv3-64 LRN	conv3-64 conv3-64	conv3-64 conv3-64	conv3-64 conv3-64	conv3-64 conv3-64
maxpool					
conv3-128	conv3-128	conv3-128 conv3-128	conv3-128 conv3-128	conv3-128 conv3-128	conv3-128 conv3-128
maxpool					
conv3-256 conv3-256	conv3-256 conv3-256	conv3-256 conv3-256	conv3-256 conv3-256 conv1-256	conv3-256 conv3-256 conv3-256	conv3-256 conv3-256 conv3-256 conv3-256
maxpool					
conv3-512 conv3-512	conv3-512 conv3-512	conv3-512 conv3-512	conv3-512 conv3-512 conv1-512	conv3-512 conv3-512 conv3-512	conv3-512 conv3-512 conv3-512 conv3-512
maxpool					
conv3-512 conv3-512	conv3-512 conv3-512	conv3-512 conv3-512	conv3-512 conv3-512 conv1-512	conv3-512 conv3-512 conv3-512	conv3-512 conv3-512 conv3-512 conv3-512
maxpool					
FC-4096					
FC-4096					
FC-1000					
soft-max					

13-сурет. VGG желілік конфигурациялары.

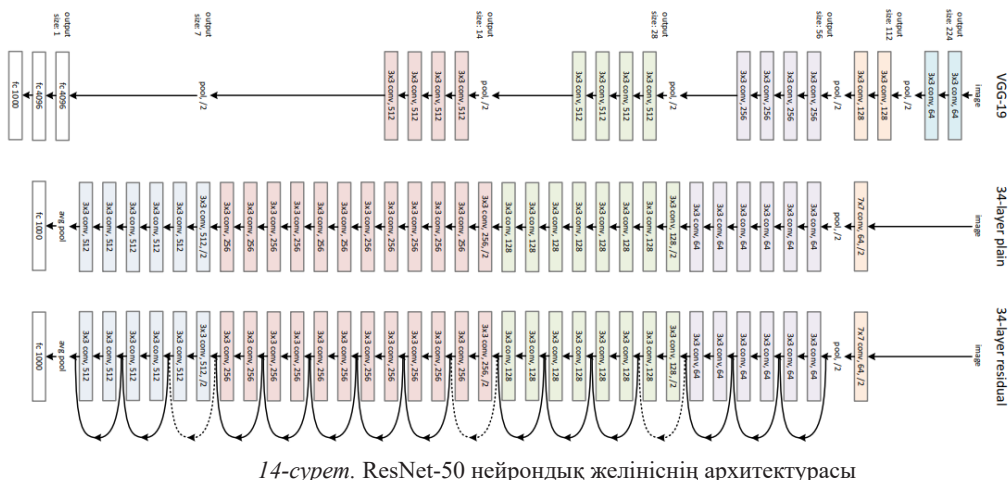
Бұл желілер бірдей дизайн принциптерін ұстанады, бірақ тереңдігі бойынша ерекшеленеді.

Бұл сурет VGG16-ны енгізу кезінде қолданылды (Li et al., 2014).

Бұл 6 желінің салыстырмалы кестесі (13-сурет). А-дан Е-ге дейін желі тереңдей түседі. Әсерді тексеру үшін бірнеше қабаттар қосылды.

Әр баған әр желінің құрылымын егжей-тегжейлі сипаттайды.

Бұл эксперименттер жүргізудің дұрыс әдісі, яғни мәселені шешудің ең қарапайым әдісін қолдану, содан кейін туындаған мәселелерді ескере отырып біртіндеп оңтайландыру (Müller et al., 2022). Keras кітапханасы сонымен қатар модельдің сақталған салмақтарын жүктеп алуға және оларды әртүрлі мақсаттарда пайдалануға болатын алдын ала дайындалған үлгіні ұсынады: тасымалдауды үйрену, кескін белгілерін алу және нысандарды анықтау. Біз кітапханада берілген модель архитектурасын жүктей аламыз, содан кейін барлық салмақтарды тиісті қабаттарға қоса аламыз (Chen et al., 2019).



14-сурет. ResNet-50 нейрондық желісінің архитектурасы

ResNet-50-тереңдігі 50 қабатты конволюциялық нейрондық желі (14-сурет). Imagenet дерекқорынан миллионнан астам кескінге үйретілген нейрондық желінің алдын-ала дайындалған нұсқасын жүктеп аламыз. Алдын ала дайындалған нейрондық желі кескіндерді пернетақта, тінтуір, қарындаш және көптеген жануарлар сияқты 1000 нысан санатына жіктей алады. Нәтижесінде нейрондық желі кескіндердің кең ауқымы үшін объектілердің бай көріністерін зерттеді. Нейрондық желі кіріс кескінінің өлшемі 224-тен 224 - ке дейін. MATLAB - да алдын-ала дайындалған нейрондық желілер туралы қосымша ақпаратты алдын-ала дайындалған терең нейрондық желілер бөлімінен аламыз (Ahmed et al., 2021).

ResNet-50 үлгісін пайдаланып жаңа кескіндерді классификация үшін classify қолданбасын пайдалануға болады. GoogLeNet көмегімен суреттерді классификация қадамдарын орындаңыз және GoogLeNet-ті ResNet-50-ге ауыстырамыз

ResNet-тің бастапқы архитектурасы 34 қабаттан тұратын ResNet-34 болды. Бұл қысқа қосылым тұжырымдамасын қолдана отырып, жоғалып бара жатқан градиент мәселесіне тап болмай, CNN-ге көбірек конволюциялық қабаттарды қосудың жана әдісін ұсынды. Жылдам қосылу кейбір деңгейлерді «өткізіп жібереді», бұл қалыпты желіні қалдық желіге айналдырады. Кәдімгі желі VGG нейрондық желілеріне негізделген (VGG-16 және VGG-19) — әрбір конволюциялық желіде 3×3 сүзгі болды. Алайда, ResNet-те сүзгілер аз және VGGNet-ке қарағанда күрделі емес. 34 қабатты ResNet өнімділігі 3,6 миллиард флопка жетуі мүмкін, ал кішірек 18 қабатты ResNet 1,8 миллиард флопка жетуі мүмкін, бұл 19,6 миллиард флоппен VGG-19 желісіне қарағанда айтарлықтай жылдамырақ (Толығырақ ResNet мақаласы, ол және басқалар, 2015). ResNet архитектурасы дизайнның екі негізгі ережесіне сәйкес келеді. Біріншіден, әр қабаттағы сүзгілер саны объектілердің Шығыс картасының көлеміне байланысты бірдей. Екіншіден, егер объектілер картасының өлшемі екі есе азайтылса, онда әр қабаттың уақыттық күрделілігін сақтау үшін сүзгілер саны екі есе артады. ResNet-50 жоғарыда суреттелген модельге негізделген архитектураға ие, бірақ бір маңызды айырмашылығы бар. 50 қабатты resnet желісі құрылыс блогы үшін тығыздық дизайнын пайдаланады. Bottleneck қалдық блогы «тар жол» деп аталатын 1×1 конволюцияларды пайдаланады, бұл параметрлер мен матрицалық көбейту санын азайтады. Бұл әр қабаттың оқуын едәуір жылдамдатуға

мүмкіндік береді. Ол екі қабаттан емес, үш қабаттан тұрады (Beluch et al., 2018).

ResNet 50 деңгейлі архитектурасы төмендегі кестеде көрсетілгендей келесі элементтерді қамтиды:

7×7 өлшемді ядро конволюциясы, 64 басқа ядромен бірге 2 өлшемді қадаммен.

Максималды біріктіру қабаты 2 өлшемді қадаммен.

Тағы 9 қабат-3×3,64 ядролары бар конволюция, екіншісі-1×1,64 ядролары және үшіншісі-1×1256 ядролары. Бұл 3 қабат 3 рет қайталанады.

1×1,128 ядросы, 3×3,128 ядросы және 1×1,512 ядросы бар тағы 12 қабат 4 рет қайталанды.

1×1256 және 2 3×3,256 және 1×1,1024 ядролары бар тағы 18 қабат 6 рет қайталанды.

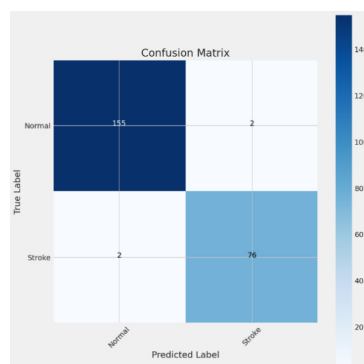
1×1512, 3×3512 және 1×12048 ядролары бар тағы 9 қабат 3 рет қайталанды.

Кескінді классификация мәселесін шешу үшін ансамбль құру жобасында біз бірнеше нейрондық желілерді, соның ішінде конволюциялық нейрондық желілерді (CNN), атап айтқанда VGG-16 және ResNet-50 қолдандық (Yao et al., 2010).

VGG - 16-Оксфорд университетіндегі Visual Geometry Group (VGG) жобасы аясында 2014 жылы әзірленген 16 қабатты конволюциялық нейрондық желі. Ол кескіндерді классификация мәселелерін шешу үшін арнайы әзірленген және дәлдігінің арқасында ғылыми қоғамдастықта кеңінен таралды.

ResNet-50-Бұл Microsoft Research-те 2015 жылы жасалған конволюциялық нейрондық желі. Бұл нейрондық желі 50 қабаттан тұрады және оқуды жеделдету үшін қалдық блоктарды пайдалану арқылы басқа конволюциялық нейрондық желілерден ерекшеленеді (Simonyan & Zisserman, 2015).

Ансамбльді құру кезінде біз барлық үш нейрондық желінің тіркесімін қолдандық: CNN, VGG-16 және ResNet-50. Бұл тәсіл классификацияның дәлдігін жақсартуға мүмкіндік береді, өйткені нейрондық желілердің әрқайсысы кескінде әртүрлі белгілерді көрсете алады. Нейрондық желілердің әрқайсысы жаттығу деректер жиынтығында оқытылғаннан кейін, олар жаңа кескіндерді классификация үшін қолданылатын бір ансамбльге біріктіріледі (LeCun et al., 2020). Осылайша, ансамбль құру кезінде бірнеше нейрондық желілердің тіркесімін пайдалану классификация дәлдігін арттыруға және модельдің жалпы сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Нейрондық желілерді оқыту барысында алынған нәтижелер:

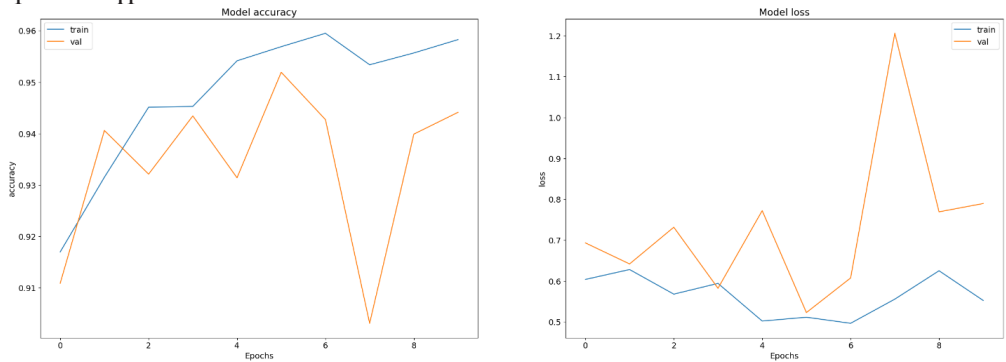


15-сурет. Конволюциялық нейрондық желісінің Confusion матрицасы

	precision	recall	f1-score
0	0.88	0.92	0.90
1	0.93	0.9	0.92
accuracy			0.91
macro avg	0.91	0.91	0.91
weighted avg	0.91	0.91	0.91

16-сурет. CNN нейрондық желісінің нәтижелері

Конволюциялық нейрондық желіні оқыту барысында алынған Confusion матрицасы (15–19 суреттер). True Positive – 155, False Positive – 2, False Negatives – 2, True Negatives - 76. Демек конволюциялық нейрондық желі 0,017 % ғана қателік көрсетіп тұр.



17-сурет. ResNet-50 нейрондық желісін оқыту

	precision	recall	f1-score
0	1.00	0.97	0.99
1	0.06	0.97	0.11
total	1.00	0.97	0.99

18-сурет. VGG-19 нейрондық желісінің нәтижелері

	precision	recall	f1-score
0	0.94	0.94	0.94
1	0.95	0.96	0.95
accuracy			0.95
macro avg	0.95	0.95	0.95
weighted avg	0.95	0.95	0.95

19-сурет. ResNet-50 нейрондық желісінің нәтижелері

Классификация мәселелерінде метрика модельдің өнімділігін бағалауда маңызды рөл атқарады. Жылдам қолданылатын төрт негізгі метрика- Accuracy, F1-score, дәлдік және recall. Бұл шолуда біз әр метриkanı және оның негізгі ерекшеліктерін қарастырамыз.

Accuracy көрсеткіші өлшеулердің жалпы санына қатысты белгілі бір дәрежеде жіктелген өлшемдерді өлшейді (Rahman, 2021). Бұл модель деректерді қаншалықты дәл жіктейтінін және ең қарапайым және түсінікті метрика екенін көрсетеді. Дәлдікті жақсарту формуласы:

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{TP} + \text{TN}}{\text{TP} + \text{TN} + \text{FP} + \text{FN}}$$

Мұндағы TP (True positive) - дұрыс болжанған оң класстардың саны, TN (True Negative) - дұрыс болжанған теріс класстардың саны, FP (False Positive) - дұрыс болжанбаған оң класстардың саны, FN (False Negative) - қате болжанған теріс класстардың саны.

F1-score - precision пен recall арасындағы гармоникалық орта. Ол модель болжамдарының precision де, recall да ескереді. F1-score дәлдік пен қалпына келтіру арасындағы тепе-теңдік маңызды болған жағдайда жақсы жұмыс істейді. F1-score есептеу формуласы-өлшемдер:

$$\text{F1} = \frac{2 * (\text{precision} * \text{recall})}{\text{precision} + \text{recall}}$$

Precision барлық болжамды оң класстарға қатысты дұрыс болжанған оң класстардың үлесін өлшейді. Бұл көрсеткіш жалған оң нәтижелерді азайтуға бағытталған. Дәлдік жалған оң болжамдар ауыр зардаптарға әкелуі мүмкін жағдайларда пайдалы. Дәлдікті есептеу формуласы:

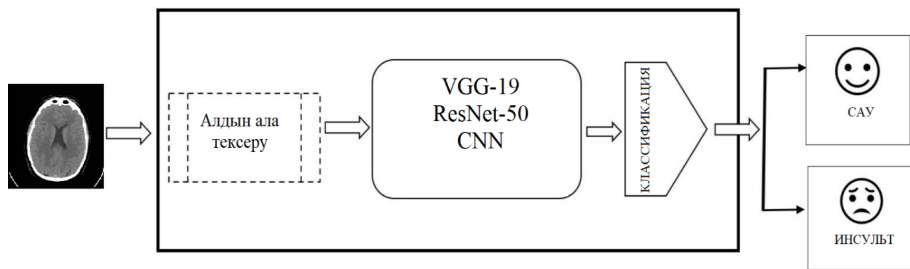
$$\text{Precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}}$$

Recall барлық нақты оң класстарға қатысты дұрыс болжанған оң класстардың үлесін өлшейді. Бұл көрсеткіш жалған теріс нәтижелерді азайтуға бағытталған. Recall жалған теріс болжамдар ауыр зардаптарға әкелуі мүмкін жағдайларда пайдалы. Recall есептеу формуласы:

$$\text{Recall} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}}$$

Осы метрикалық мәндердің әрқайсысының артықшылықтары мен шектеулері бар, ал нақты метриkanı таңдау нақты классификация тапсырмасына және оның контекстіне байланысты.

Жалпы, метриkanı таңдау нақты тапсырмаға, оның басымдықтары мен контекстіне байланысты. Классификация моделінің өнімділігі туралы толық түсінік алу үшін бірнеше көрсеткіштерді бірге талдау ұсынылады.



20-сурет. Нейрондық желінің жұмыс жасау алгоритмі

Анықтау қателерін азайту үшін суретте көрсетілгендей әр түрлі дербес оқытылған нейрондық желілердің нәтижелерін біріктіру арқылы терең трансферлік ансамбльдік модель ұсынылады (20-сурет).

Деректерді беруді оқыту желілерінің жиынтығы қателерді азайту арқылы сенімді тәсіл бола алады. Бұл ең аз қателіктері бар біріктірілген желілерден оңтайлы нәтиже алуға мүмкіндік береді. Деректерді алдын-ала өңдеуден кейін конволюциялық нейрондық желі архитектурасы алдын-ала дайындалған модельдерді қолдана отырып құрылады. Қолданылатын модельдердің негізгі компоненттері алдыңғы бөлімдерде сипатталған (Müller et al., 2022).

VGG-19, ResNet-50 және CNN нейрондық желілерінің ансамблі келесідей салынды:

Кіріс VGG-19, ResNet-50 және CNN желілерінің әрқайсысының кірісіне беріледі.

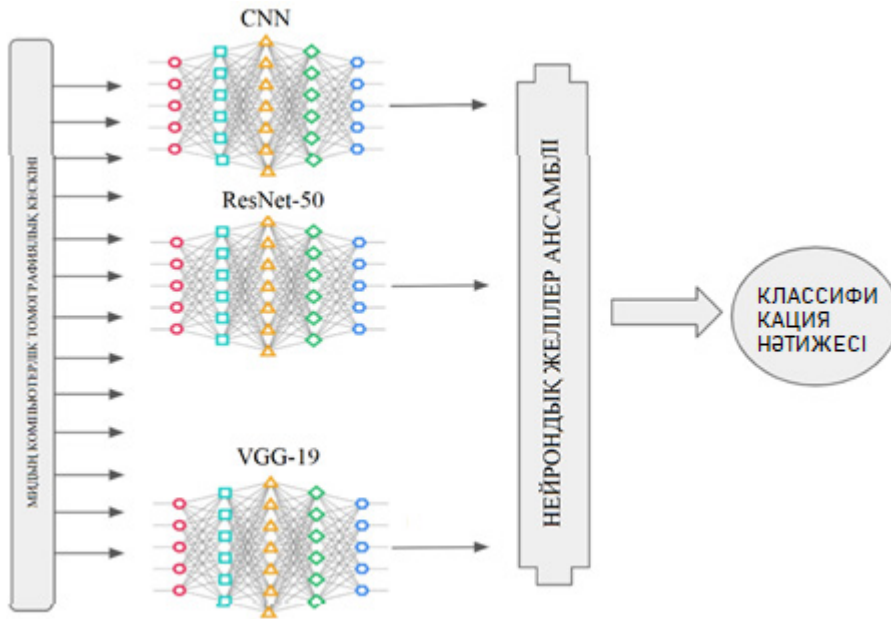
Желілердің әрқайсысы кіріс деректерін өңдейді және әртүрлі белгілер жиынтығын жасайды.

Белгілер жиынтығының әрқайсысы бір векторға біріктіріледі.

Бұл вектор белгілерді біріктіру және түпкілікті шешім қабылдау үшін қолданылатын толық байланысқан желінің кірісіне береді. Мұндай ансамбльдік әдіс жұмсақ ереже (жұмсақ дауыс беру) деп аталады. Қарапайым көпшілік дауыс негізінде шешім қабылдайтын қатаң дауыс беруден (қатты дауыс беру) айырмашылығы, жұмсақ дауыс беру әр желі болжаған ықтималдықтарды ескереді. Бұл тәсіл әртүрлі модельдерді біріктіруге және олардың күшті жақтарын жеке желіні пайдаланудан гөрі жақсы өнімділікке қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Ұсынылған архитектура көп класты классификация үшін softmax белсендіру функциясы бар толық қосылған тығыз қабатты пайдаланады.

Шығарылатын нейрондар конволюциялық нейрондық желілерді регуляциялау үшін әрбір оқу итерациясында жасырын қабаттарда 0-ге шығатын нейрондарды кездейсоқ орнату арқылы қосылады. Шығарылған нейрондар оқу кезеңінде тікелей өтуге немесе кері таралуға ешқандай үлес қоспайды.



21-сурет. Нейрондық желілердің ансамбльдік оқыту моделінің құрылымдық схемасы

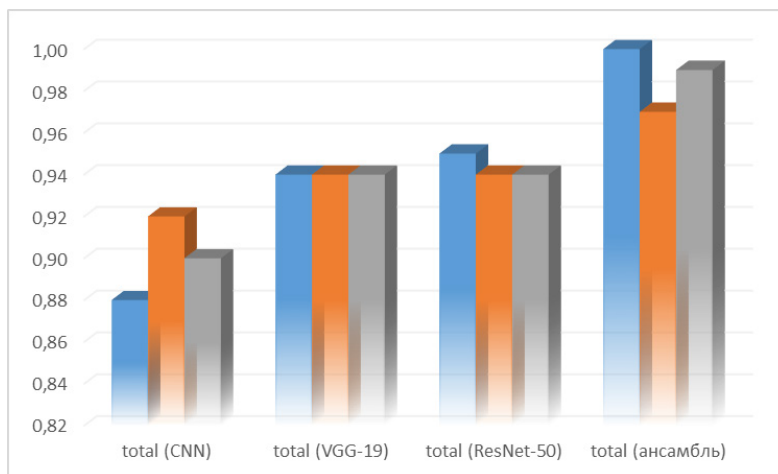
Бірінші қабатта бинарлық классификация жүйесінде 128 нейрон орнына 64 құрайды. Ерекшеліктерді алу үшін бірнеше қабаттары бар алдын ала дайындалған модель қолданылады (21-сурет). Тығыз қабатта softmax белсендіру функциясы екі класты классификация мәселесін шешу үшін қолданылады. Алайда, екілік классификация үшін сигмоидты активация қолданылады. Модельдер 30 дәуір ішінде оқытылады, партия мөлшері 16. Модельдерді дәл баптау үшін Adam оптимизаторы қолданылады. Шамадан тыс оқытудың алдын алу үшін ерте тоқтату критерийі арқылы реттеуге қол жеткізіледі (PLOS ONE, 2021).

Adam optimizer-болашақта компьютерлік көру және табиғи тілді өңдеу сияқты әртүрлі терең оқыту қолданбаларында жүзеге асырылуы мүмкін стохастикалық градиентті түсірудің кеңейтілген нұсқасы. Адам алғаш рет 2014 жылы таныстырылды. Бұл стохастикалық градиентті түсіру процесіне балама бола алатын оңтайландыру алгоритмі. Оптимизатор Adam деп аталады, себебі ол нейрондық желінің әрбір салмағы үшін оқу жылдамдығын бейімдеу үшін градиенттің бірінші және екінші нүктелерінің ұпайларын пайдаланады. Оптимизатор Adam деп аталады; бұл аббревиатура емес. Adam ең тиімді стохастикалық оңтайландыру ретінде ұсынылады, ол тек бірінші ретті градиенттерді қажет етеді, мұнда жадқа қойылатын талаптар тым аз.

Жоғарыда аталған трансферлік оқыту классификаторлары бізді ensemble stacked классификаторын ұсынуға итермеледі. Терең CNN жиынтығы жақсы нәтижеге жетудің қуатты әдісі бола алады, өйткені ол әртүрлі модельдерден алынған шешімдерді біріктіру тұжырымдамасына негізделген. Терең CNN-дің стохастикалық сипатын ескере отырып, әрбір нейрондық желінің архитектурасы басқа нейрондық желілердің кейбір ерекше үлгілерін зерттейді. Ансамбль әдісі жақсартудың жоғары дәлдігін және ерекшеліктерді бөлектеу мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

	Accuracy	recall	Precision	f1-score
Ансамбль	99.1 %	99.0 %	99.2 %	99.1 %

22-сурет. Жасалынған ансамбльдің нәтижесі



23-сурет Нейрондық желілердің классификация жасау дәлдігі

VGG-19, CNN және ResNet-50 модельдерінен ансамбльді пайдалану жақсы нәтижелерге әкелді (22-сурет). Бұл модельдерді ансамбльге біріктіріп, кескіндерді классификациялауға қатысты компьютерлік көру тапсырмасының дәлдігі мен сенімділігін жақсартылады деп шешілді

Әрбір модельдің күшті және әлсіз жақтары бар, мен олардың әрқайсысының ең жақсы жақтарын пайдаланғымыз келді. Модельдік болжамдар мұқият реттеліп, біріктіргеннен кейін нәтижелер айтарлықтай жақсарттылды.

23-суретте CNN, VGG-19, ResNet-50 нейрондық желілерінің ансамблі осы желілердің әрқайсысына қарағанда тиімді екенін көре аламыз. қарақарадыCNN, VGG-19 және ResNet-50 нейрондық желілері келесідей бір ансамбльге біріктірілді:

Жеке модельдер жасау: әр нейрондық желі үшін бөлек модельдер жасалды. Әрбір модель сәйкесінше CNN, VGG-19 және ResNet-50 архитектурасына сәйкес жасалған. Әр модельдің әр желінің оқытуларына сәйкес келетін салмағы болды.

Болжау генерациясы: әр желі үшін болжам жасау кезінде әр модель арқылы сынақ деректерін өткізу. Деректерді өндегеннен кейін әр модель үшін болжамдар жиынтығы алынды.

Болжамдарды біріктіру: әр модельден болжамдарды біріктіру үшін дауыс беруді қолданылды. Қарапайым көпшілік дауыс беру қолданылды, онда барлық модельдер арасында ең көп дауыс алған сынып таңдалды. Бұл әр модель белгілі бір классқа өз дауысын беретіндігін білдірді.

Қорытынды

Бұл зерттеу медициналық кескіндерді классификациялау міндеттеріне, атап айтқанда инсульт диагностикасына арналған ансамбльдер тәсіліне негізделген кескінді өңдеудің тиімді алгоритмін жасауға арналды. Жұмыстың негізгі мақсаты әртүрлі нейрондық желілерді біріктіру арқылы кескіндерді классификациялаудың

дәлдігі мен сенімділігін жақсарту болды, олардың әрқайсысының бірегей архитектуралық ерекшеліктері мен артықшылықтары бар.

Зерттеу барысында нейрондық желілердің үш түрлі моделі оқытылды және біріктірілді: VGG-19, CNN және ResNet-50. Бұл модельдердің әрқайсысы кескіндерді классификациялау мәселесін шешу үшін мұқият конфигурацияланған және оқытылған. Ансамбльдік тәсіл әр модельдің күшті жақтарын біріктіріп, олардың әлсіз жақтарын барынша азайтуға мүмкіндік берді, бұл дәлірек және сенімді нәтижелерге әкелді. Ансамбльдік әдісті қолдану классификациялаудың дәлдігін едәуір жақсартуға және қателіктерді азайтуға мүмкіндік берді, бұл әсіресе медициналық қосымшаларда маңызды.

Ансамбльдік тәсілді қолдану нәтижесінде кескінді классификациялау дәлдігі 65 %-дан 99,2 %-ға дейін өсті, ал шығындар 7,532 %-дан 0,756 %-ға дейін төмендеді. Модельдің негізгі көрсеткіштеріне мыналар жатады: 99,6 % дәлдік, 99,2 % толықтық және F1-өлшем 99,1 %. Бұл көрсеткіштер әзірленген модельдің өнімділігінің жоғары деңгейін көрсетеді және оның медициналық диагностикада практикалық қолдануға жарамдылығын көрсетеді.

Қолжетімді деректердің шектеулі көлеміне байланысты оқыту үшін оқытуды беру тұжырымдамасы қолданылды. Imagenet деректер жинағында алдын ала дайындалған inception v3 моделі инсульт кескіндерін классификациялаудың ағымдағы тапсырмасына бейімделген. Оқытуды беруді қолдану оқытуға қажетті уақыт пен есептеу ресурстарын қысқартуға, сондай-ақ модельдің дәлдігін арттыруға мүмкіндік берді. Бұл стратегия алдын-ала дайындалған модельдер мамандандырылған тапсырмалардағы нәтижелерді едәуір жақсартуға алатындығын дәлелдеді.

Жекелеген модельдердің болжамдарын біріктіру үшін көпшілік дауыс берген шешім ансамбльдің нәтижесін беретін механизмі қолданылды. Бұл әдіс әртүрлі болжамдарды бір түпкілікті шешімге біріктіру арқылы болжамдардың соңғы дәлдігін жақсартуға мүмкіндік берді. Дауыс беруді пайдалану сонымен қатар деректердің әртүрлі аспектілері мен ерекшеліктерін ескеруге мүмкіндік береді, бұл неғұрлым негізделген және дәл болжауға ықпал етеді. Дауыс беру әдісі классификациялаудың дәлдігін жақсартудың сенімді әдісі болып шықты, өйткені ол модельдердің бір деректерге қатысты әртүрлі көзқарастарын ескеруге мүмкіндік береді.

Ансамбльдік әдістер стохастикалық қателіктердің әсерін азайтуға және деректердің әртүрлілігін ескеруге мүмкіндік береді. Бұл әсіресе нәтижелердің дәлдігі мен сенімділігі маңызды рөл атқаратын медициналық диагностика контекстінде өте маңызды. Нейрондық желі ансамбльдерін қолдану медициналық бейнелеуге негізделген әртүрлі ауруларды диагностикалау сияқты кескінді талдаудың жоғары дәлдігін қажет ететін медицинаның әртүрлі салаларында ұқсас әдістерді қолданудың жаңа перспективаларын ашады. Атап айтқанда, VGG-19, CNN және ResNet-50 модельдер ансамблін пайдалану әртүрлі архитектураларды біріктіру бір модельді қолданумен салыстырғанда нәтижелердің айтарлықтай жақсаруына әкелуі мүмкін екенін көрсетті.

Әзірленген ансамбльдік алгоритм қалыпты және инсульттан зақымдалған аймақтарды қамтитын мидың компьютерлік томографиясының 2501 кескінінен тұратын деректер жинағында сыналды. Тестілеу суреттерді классификациялауда

ұсынылған тәсілдің жоғары тиімділігін көрсетті, бұл оның инсульттің медициналық диагностикасы үшін практикалық маңыздылығын растайды. Деректерді жаттығу және сынақ кескіндеріне бөлу модельді мұқият тексеруге және оның жаңа деректерді жалпылау қабілетіне көз жеткізуге мүмкіндік берді.

Болашақта болжамдардың дәлдігі мен сенімділігін арттыру үшін орташа өлшенген дауыс беру немесе мета-модельдерді пайдалану сияқты болжамдарды біріктірудің балама әдістерін зерттеуге болады. Сондай-ақ, перспективалық бағыт-бұл мәліметтер жиынтығын кеңейту және модельдерді көбірек суреттерде оқыту, бұл модельдердің жалпы тұрақтылығы мен дәлдігін арттыруға мүмкіндік береді. Зерттеудің бұл бағыттары медициналық кескіндерді классификациялау алгоритмдерінің дәлдігі мен сенімділігін одан әрі жақсартуға әкелуі мүмкін.

Қорытындылай келе, VGG-19, CNN және ResNet-50 нейрондық желілеріне негізделген ансамбльдік тәсілді қолдану медициналық кескіндерді классификациялау міндетінде өзінің жоғары тиімділігін көрсетті. Қол жеткізілген нәтижелер ансамбльдік әдістер Машиналық оқыту модельдерінің дәлдігі мен сенімділігін арттырудың қуатты құралы екенін көрсетеді. Бұл оларды кескінді өңдеуге және талдауға байланысты әртүрлі салаларда, соның ішінде медицина мен денсаулық сақтауда қолдануға жаңа мүмкіндіктер ашады.

ӘДЕБИЕТТЕР

Ахмед А., Юсиф Х. & Хе З. (2021). Шулы белгілері бар кескіндерді жіктеу үшін әртараптандырылған оқыту ансамблі. — *Multimedia Tools and Applications*, — 80. — 187–196 бб. <https://doi.org/10.1007/s11042-021-10731-4>.

Африди Рахман (2021). Мидың инсультын КТ кескіндер жинағы. — <https://www.kaggle.com/datasets/afriDIRahman/brain-stroke-ct-image-dataset>. — 187–196 бб.

Белух В.Х., Геневайн Т., Нюрнберггер А. & Келер Дж.М. (2018). Суреттерді жіктеуде белсенді оқыту үшін ансамбльдердің күші. — *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. — 187–196 бб. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00976>.

Вейкманн Г., Перэнтони Г. & Бруззоне Л. (2023). Көп спектрлі қашықтықтан зондтау суреттерін жіктеу үшін сыныпқа бағытталған иерархиялық ResNet. — *Proceedings of SPIE*. — 187–196 бб. <https://doi.org/10.1117/12.2563794>.

Гамиси П., Чен Й., Ванг Й., Гу Й., Хе Х. & Цзя Х. (2019). Гиперспектралды кескіндерді жіктеу үшін терең оқыту ансамблі. — 187–196 бб. <https://doi.org/10.1016/j.is.2019.01.002>.

Добшик А., Тулупов А. & Бериков В. (2021). Томографиялық суреттерді инсульт диагнозында әлсіз бақыланатын семантикалық сегментациялау. — <https://arxiv.org/abs/2109.01887>. — 187–196 бб.

Донг Ч., Лой Ч.К., Хе К. & Танг Х. (2014). Терең конволюциялық желілерді пайдалана отырып, кескінді супер-рұқсаттама. — *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 38. — 187–196 бб. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2015.2439281>.

Караев Н.М. (2018). Кластерлік талдау алгоритмдерінің ансамблін пайдалана отырып, суреттерді талдау. — Диссертациялық жұмыс. — 187–196 бб.

Крижевский А., Сутскевер И. & Хинтон Г.Е. (2012). Терең конволюциялық нейрондық желілермен ImageNet классификациясы. — *Communications of the ACM*, 60. — 187–196 бб. <https://doi.org/10.1145/3065386>.

Лекун Й., Ботту Л., Бенгио Й. & Хаффнер П. (2020). Құжаттарды тануға қолданылатын градиентке негізделген оқыту. — *Proceedings of the IEEE*, — 86(11). — 187–196 бб. https://doi.org/10.1007/3-540-46805-6_19.

Ли Х., Лю Х. & Ю Л. (2014). Landsat TM суреттерін жерді пайдалану/қамту классификациясын жақсарту үшін агрегативті модельге негізделген классификаторлар ансамблі. — *International Journal of Remote Sensing*, — 35. — 187–196 бб. <https://doi.org/10.1080/01431161.2014.883091>.

Литженс Г., Коои Т., Бейнорди Б., Сетио А., Чюмпи Ф., Гхафориан М. & Санчес С.И. (2017).

Медициналық суреттерді талдауда терең оқытуға шолу. — *Medical image analysis*, 42. — 187–196 бб. <https://doi.org/10.1016/j.media.2017.07.005>.

Мюллер Д., Сото-Рей И. & Крамер Ф. (2022). Терең конволюциялық нейрондық желілермен медициналық кескіндерді оңтайландырылған жіктеуді ансамбльдік оқытуды талдау. — 187–196 бб. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.04.044>.

Мюллер Д., Сото-Рей И. & Крамер Ф. (2022). Терең конволюциялық нейрондық желілермен медициналық кескіндерді оңтайландырылған жіктеуді ансамбльдік оқытуды талдау. — 187–196 бб. <https://doi.org/10.3390/app13179639>.

Нитхиа В.П., Моханасундам Н. & Сантош Р. (2023). Альцгеймер ауруын ерте анықтау және жіктеу үшін ResNet-50 негізіндегі негіз. — 187–196 бб. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80249-3_44.

PLOS ONE (2021). Кеуде рентген суреттеріндегі пневмонияны терең оқыту модельдерінің ансамблімен анықтау. — 187–196 бб. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256630>.

Равиндран Р., Кастхури Н., Адитя П.С., Гунаранжан С. & Дхаранидхаран К. (2023). Арамшөптер мен дақылдарды жіктеу үшін VGG негізіндегі терең оқыту моделінің өнімділігін талдау. — 14th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies. — 187–196 бб. <https://doi.org/10.1109/ICCCNT57752.2023.10192879>.

Сзегеди К., Лю В., Цзя Й., Сермэнет П., Рид С., Ангелов Д. & Рабинович А. (2015). Конволюцияларды тереңдету. — *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. — 187–196 бб. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2015.7298594>.

Симонян К. & Зиссерман А. (2015). Үлкен масштабтағы кескіндерді тану үшін өте терең конволюциялық желілер. — 187–196 бб. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1409.1556>.

Сугиарто Т.А., Созлеман М. & Пуджиано П. (2023). Автокөлік бренді классификациясы үшін Resnet50 негізіндегі кеңейту негізіндегі жақсарту. — *Journal of Applied Intelligent System*. — 187–196 бб. <https://doi.org/10.1109/ICCCNT57752.2023.10192879>.

Чэн С. & Чжоу Г. (2020). Жақсартылған VGG конволюциялық нейрондық желі негізіндегі бет әлпетін тану әдісі. — *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*. — 187–196 бб. <https://doi.org/10.1142/S0218001420500043>.

Чен Й., Ванг Й., Гу Й., Хе Х., Гхамиси П. & Цзя Х. (2019). Гиперспектралды кескіндерді жіктеу үшін терең оқыту ансамблі. — 187–196 бб. <https://doi.org/10.1016/j.is.2019.01.002>.

Хе К., Чжан Х., Рен С. & Сун Дж. (2015). Суреттерді тану үшін терең қалдықтық оқыту. — 187–196 бб. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.1512.03385>.

Хе К., Чжан Х., Рен С. & Сун Дж. (2016). Суреттерді тану үшін терең қалдықты оқыту. — *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. — 187–196 бб. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.90>.

Яо З., Ю Й. & Сяо Х. (2010). Ансамбльдік оқыту негізіндегі суреттерді сегментациялау. — *International Conference on Computer and Communication Technologies in Agriculture Engineering*. — 187–196 бб. <https://doi.org/10.1109/CCTAE.2010.5544523>.

REFERENCES

Ahmed A., Yousif H. & He Z. (2021). Ensemble diversified learning for image classification with noisy labels. — *Multimedia Tools and Applications*, 80. — Pp. 187–196. <https://doi.org/10.1007/s11042-021-10731-4>.

Afridi Rahman (2021). Brain Stroke CT Image Dataset. — <https://www.kaggle.com/datasets/afridirahman/brain-stroke-ct-image-dataset>. — Pp. 187–196.

Beluch W.H., Genewein T., Nürnberger A. & Köhler J.M. (2018). The Power of Ensembles for Active Learning in Image Classification. — *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. — Pp. 187–196. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00976>.

Chen Y., Wang Y., Gu Y., He X., Ghamisi P. & Jia X. (2019). Deep Learning Ensemble for Hyperspectral Image Classification. — Pp. 187–196. <https://doi.org/10.1016/j.is.2019.01.002>.

Cheng S. & Zhou G. (2020). Facial Expression Recognition Method Based on Improved VGG Convolutional Neural Network. — *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*. — Pp. 187–196. <https://doi.org/10.1142/S0218001420500043>.

Dobshik A., Tulupov A. & Berikov V. (2021). Weakly supervised semantic segmentation of tomographic images in the diagnosis of stroke. — <https://arxiv.org/abs/2109.01887>. — Pp. 187–196.

Dong C., Loy C.C., He K. & Tang X. (2014). Image super-resolution using deep convolutional networks.

- IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 38. — Pp. 187–196. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2015.2439281>.
- He K., Zhang X., Ren S. & Sun J. (2015). Deep Residual Learning for Image Recognition. — Pp. 187–196. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.1512.03385>.
- He K., Zhang X., Ren S. & Sun J. (2016). Deep residual learning for image recognition. — Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. — Pp. 187–196. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.90>.
- Karaev N.M. (2018). Image analysis using an ensemble of clustering algorithms. — Dissertation. — Pp. 187–196.
- Krizhevsky A., Sutskever I. & Hinton G.E. (2012). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. — Communications of the ACM. — 60. — Pp. 187–196. <https://doi.org/10.1145/3065386>.
- LeCun Y., Bottou L., Bengio Y. & Haffner P. (2020). Gradient-based learning applied to document recognition. — Proceedings of the IEEE, — 86(11). — Pp. 187–196. https://doi.org/10.1007/3-540-46805-6_19.
- Li X., Liu X. & Yu L. (2014). Aggregative model-based classifier ensemble for improving land-use/cover classification of Landsat TM Images. — *International Journal of Remote Sensing*. — 35. — Pp. 187–196. <https://doi.org/10.1080/01431161.2014.883091>.
- Litjens G., Kooi T., Bejnordi B., Setio A., Ciampi F., Ghafoorian M. & Sánchez C.I. (2017). A survey on deep learning in medical image analysis. — *Medical image analysis*, — 42. — Pp. 187–196. <https://doi.org/10.1016/j.media.2017.07.005>.
- Müller D., Soto-Rey I. & Kramer F. (2022). An Analysis on Ensemble Learning Optimized Medical Image Classification With Deep Convolutional Neural Networks. — Pp. 187–196. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.04.044>.
- Müller D., Soto-Rey I. & Kramer F. (2022). An Analysis on Ensemble Learning optimized Medical Image Classification with Deep Convolutional Neural Networks. — Pp. 187–196. <https://doi.org/10.3390/app13179639>.
- Nithya V.P., MohanaSundaram N. & Santhosh R. (2023). An Early Detection and Classification of Alzheimer’s Disease Framework Based on ResNet-50. — Pp. 187–196. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80249-3_44.
- PLOS ONE (2021). Pneumonia detection in chest X-ray images using an ensemble of deep learning models. — Pp. 187–196. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256630>.
- Ravindaran R., Kasthuri N., Adithya P.S., Gunaranjan S. & Dharanidharan K. (2023). Performance Analysis of a VGG based Deep Learning Model for Classification of Weeds and Crops. — 14th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies. — Pp. 187–196. <https://doi.org/10.1109/ICCCNT57752.2023.10192879>.
- Simonyan K. & Zisserman A. (2015). Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. — Pp. 187–196. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1409.1556>.
- Sugianto T.A., Soeleman M. & Pujiono P. (2023). Enhancing Augmentation-Based Resnet50 for Car Brand Classification. — *Journal of Applied Intelligent System*. — Pp. 187–196. <https://doi.org/10.1109/ICCCNT57752.2023.10192879>.
- Szegedy C., Liu W., Jia Y., Sermanet P., Reed S., Anguelov D. & Rabinovich A. (2015). Going deeper with convolutions. — Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. — Pp. 187–196. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2015.7298594>.
- Weikmann G., Perantoni G. & Bruzzone L. (2023). A class-driven hierarchical ResNet for classification of multispectral remote sensing images. — Proceedings of SPIE. — Pp. 187–196. <https://doi.org/10.1117/12.2563794>.
- Yao Z., Yu Y. & Xiao X. (2010). Image segmentation based on ensemble learning. *International Conference on Computer and Communication Technologies in Agriculture Engineering*. — Pp. 187–196. <https://doi.org/10.1109/CCTAE.2010.5544523>.

МАЗМҰНЫ

Н. Абдразақұлы, Л. Черикбаева, Н. Мұқажанов, Ж. Алибиева АНСАМБЛЬДІК ТӘСІЛ НЕГІЗІНДЕ КЕСКІНДІ ӨНДЕУДІҢ ТИІМДІ АЛГОРИТМІН ҚҰРУ.....	7
Б.Т Абыканова, А.А. Таугенбаева, А.Г. Амангосова, Г.Т. Бекова, А.Ж. Ақматбекова ӨЗДІГІНЕН БІЛІМ АЛУШЫЛАРДЫ ЖЕТІЛДІРУ МЕН ДАМУДАҒЫ ИНТЕРАКТИВТІ БІЛІМ БЕРУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ.....	30
Ж.Ж. Ажибекова, Д.И. Усипбекова, Б.Н. Джаханова, К. Жыланбаева, Ә.Н. Тұрсун МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІМЕН ҒАРЫШТЫҚ КЕСКІНДЕРДЕН БҰЛТТАР МЕН ТҰМАНДЫҚТАРДЫ ЖОЮ.....	43
М. Айтимов, Г.Б. Абдикеримова, К.К. Макулов, Б.А. Досжанов, Р.У. Альменаева МАШИНАЛЫҚ ЖӘНЕ ТЕРЕҢ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІ АРҚЫЛЫ МӘТІННІҢ ЭМОЦИОНАЛДЫҚ ЖАҒДАЙЫН ЗЕРТТЕУ.....	57
А.Т. Ақынбекова, А.А. Муханова, Salah Al-Majeed, Г.С. Алтаева АЙМАҚТЫ ДАМУДАҒЫ ӨЛЕУМЕТТІК ПРОЦЕСТЕРІН БАҒАЛАУ ҮШІН ШЕШІМДЕР ҚАБЫЛДАУДЫҢ БҰЛДЫР МОДЕЛЬДЕРІ.....	69
К.М. Алдабергенова, А.Б. Касекеева, М.Ж. Айтимов, К.К. Дауренбеков, Т.Н. Есикова АГРОӨНЕРКӘСІП КЕШЕНІНІҢ ЛОГИСТИКАСЫНЫҢ МАРКЕТИНГТІК БАСҚАРУЫН ЖЕТІЛДІРУ.....	85
А.Е. Әбжанова, А.А. Быков, С.К. Сагнаева, Е.Ә. Әбжанов, Д.И. Суржик ЖЕР АСТЫ ЖЕР АСТЫ СУЛАРЫН ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП, ТОПЫРАҚТЫ МОДЕЛЬДЕУДІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ.....	96
А.М. Бисенгалиева, А.У. Исембаева, Т.К. Душаева, Н.М. Алмабаева, Г.О. Ильясова СЕМАНТИКАЛЫҚ ДЕРЕКТЕРДІ ТАЛДАУ АРҚЫЛЫ КІЛТ СӨЗДЕРДІ ҚАМТУ.....	108
А.Х. Давлетова, Н.Н. Оразова, Ж.Б. Сайлау, Д.Н. Қурмангалиева, Г.Л. Абдугалимов БАСТАУЫШ СЫНЫП ОҚУШЫЛАРЫН ХАЛЫҚАРАЛЫҚ PIRLS ЗЕРТТЕУІНЕ АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР АРҚЫЛЫ ДАЯРЛАУ ЖОЛДАРЫ.....	120
Г. Есмагамбетова, А. Кубигенова, А. Ақтаева, И. Цэрэн-Онолт, М. Есмагамбет КВАНТТЫҚ ЕСЕПТЕУЛЕРГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН БИОМЕТРИЯЛЫҚ ДЕРЕКТЕРДІ ҚОРҒАУ ӘДІСТЕРІ.....	137
Г.Қ. Ешмұрат, Л.С. Қанбаева, МАТЕМАТИКАЛЫҚ ҮРЕЙ ЖӘНЕ ОНЫҢ БОЛАШАҚ МАТЕМАТИКА ПӘНІ МҰҒАЛІМДЕРІНІҢ МАНСАБЫНА ӨСЕРІ.....	149
Т.К. Жукабаева, В.А. Десницкий, Е.М. Марденюв СЫМСЫЗ СЕНСОРЛЫҚ ЖЕЛІЛЕРДЕГІ ДЕРЕКТЕРДІ ЖИНАУ, ӨНДЕУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ ӘДІСТ ЕМЕСІ.....	163
А.М. Джумагалиева, А.Ә. Шекербек, Ж.Ж. Хамитова, М. Свобода, С.А. Қалдар АДАПТИВТІ АНОМАЛИЯНЫ АНЫҚТАУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ КИБЕРҚАУІПСІЗДІГІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АРҚЫЛЫ АРТТЫРУ.....	177

А.А. Исмаилова, Г.Е. Мырзабекова, М.Ж. Базарова, Г.Ж. Нурова, Г.Т. Азиева ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ҚАРЖЫ НАРЫҒЫНДАҒЫ БАҒАЛАРДЫ БОЛЖАУ.....	190
К. Кошанова, Сапарбайқызы, К.Е. Жангазакова, А.С. Сағынбай, Э. Куриэль-Марин STEM-ДЕ БІЛІМ БЕРУ ӘЛЕУЕТІН БАРЫНША ПАЙДАЛАНУ: ОҚУ НӘТИЖЕЛЕРІН ЖАҚСARTУҒА ҮЛЕС, ҚИЫНДЫҚТАР ЖӘНЕ СТРАТЕГИЯЛАР.....	205
А.А. Мұханова, С.К. Кожукаева, Л.Г. Рзаева, Ж.Е. Доумчариева, У.Т. Махажанова МЕДИЦИНАЛЫҚ БЕЙНЕЛЕР НЕГІЗІНДЕ КӨЗ ТОРЫНЫҢ АУРУЛАРЫН ДИАГНОСТИКАЛАУ ҮШІН ТЕРЕҢ ОҚЫТУ МОДЕЛЬДЕРІН ҚОЛДАНУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ..	218
Ә.Ж. Омуртаева, У.Т. Махажанова, М.А. Кантуреева, Г. Ускенбаева, Т.Н. Есикова БІЛІМ БЕРУ НЕГІЗІНДЕ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ КӘСІПОРЫНДАРЫНЫҢ ИНВЕСТИЦИЯЛЫҚ ТАРТЫМДЫЛЫҒЫН БАҒАЛАУ ӘДІСТЕМЕСІ.....	235
А.Р. Оразаева, Д.А. Тусупов, В. Войчик, А.К. Шайханова, Г.Б. Бекешова МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІМЕН СҮТ БЕЗІ ПАТОЛОГИЯСЫН ТИІМДІ АНЫҚТАУ...	246
Б.Б. Оразбаев, Б.У. Асанова, Ж.Ж. Молдашева, Ж.Е. Шангитова АЙҚЫНСЫЗДЫҚТА КОКСТЕУ РЕАКТОРЛАРЫНЫҢ ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІН КӨПКРИТЕРИЙЛІК ОПТИМИЗАЦИЯЛАУ ЕСЕБІНІҢ ҚОЙЫЛЫМЫ МЕН ОНЫ ШЕШУ ЭВРИСТИКАЛЫҚ ТӘСІЛІ.....	258
Г.А. Салтанова, К.Б. Багитова, Г.А. Дашева, М.Е. Шангитова, Э.Г. Гайсина УНИВЕРСИТЕТ КІТАПХАНАСЫНЫҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕСІН ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЕНГІЗУ: АҚПАРАТТЫҚ РЕСУРСТАРДЫ БАСҚАРУДЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ПАЙДАЛАНУШЫЛАРҒА ТИІМДІ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ.....	269
Л.Т. Салыбек, К.Н. Оразбаева, В.Е. Махатова, Л.Т. Қурмангазиева, Б.Е. Утенова МҰНАЙДЫ АЛҒАШҚЫ ӨНДЕУ ҚОНДЫРҒЫСЫ АТМОСФЕРАЛЫҚ БЛОГЫНЫҢ МОДЕЛЬДЕРІН ТҮРЛІ СИПАТТАҒЫ ҚОЛЖЕТІМДІ АҚПАРАТ НЕГІЗІНДЕ ҚҰРУ.....	285
А. Сейтенов, Т. Жукабаева, С. Ал-Маджид ЭЛЕКТРОНДЫҚ МЕДИЦИНАЛЫҚ ТӨЛҚҰЖАТЫ МЕН ТЕЛЕМЕДИЦИНА АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕСІНІҢ МОДЕЛІН ЖОБАЛАУ.....	297
Г.Б. Турмуханова, А.А. Таутенбаева, Г.Т. Бекова, С.Б. Нугуманов, Я. Култан ӘЛЕУМЕТТІК МЕДИА ҚАУЫМДАСТЫҚТАРЫНДАҒЫ ӨЗАРА ІС-ҚИМЫЛ АРҚЫЛЫ УНИВЕРСИТЕТ СТУДЕНТТЕРІНІҢ ЖҰМСАҚ ДАҒДЫЛАРЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУ.....	310
А.С. Тынықұлова, А.В. Фаддеев, А.А. Мұханова, А.У. Искалиева, Д.Б. Абулкасова БЕЛГІСІЗДІК ЖАҒДАЙЫНДА ТӘУЕКЕЛДЕРДІ БАСҚАРУДЫ ТАЛДАУ ЖӘНЕ ОҢТАЙЛАНДЫРУ: ЗАМАНАУИ ӘДІСТЕР МЕН ТЕХНОЛОГИЯЛАР.....	325
Ж.Р. Умарова, Г.Ж. Ельбергенава, Н.С. Жуматаев, А.Х. Махатова, С.Б. Ботаева МЕЗОСКОПИЯ ДЕҢГЕЙІНДЕГІ МОЛЕКУЛАЛЫҚ ЕЛЕКТЕРДЕГІ ЗАТ ТАСЫМАЛУЫН ЕСЕПТЕУ АЛГОРИТМІНІҢ ЗИЯЛДЫ ТАЛДАУЫ.....	336

СОДЕРЖАНИЕ

Н. Абдразакулы, Л. Черикбаева, Н. Мукажанов, Ж. Алибиева СОЗДАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ АНСАМБЛЕВОГО ПОДХОДА.....	7
Б.Т. Абыканова, А.А. Таугенбаева, А.Г. Амангосова, Г.Т. Бекова, А.Ж. Акматбекова ИНТЕРАКТИВНЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ И РАЗВИТИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ.....	30
Ж.Ж. Ажибекова, Д.И. Усипбекова, Б.Н. Джаханова, К. Жыланбаева, Ә.Н. Түрсун УДАЛЕНИЯ ОБЛАКОВ И ТУМАННОСТЕЙ С КОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	43
М. Айтимов, Г.Б. Абдикеримова, К.К. Макулов, Б.А. Досжанов, Р.У. Альменаева ИССЛЕДОВАНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ ТОНАЛЬНОСТИ ТЕКСТА С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО И ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ.....	57
А.Т. Акынбекова, А.А. Муханова, Salah Al-Majeed, Г.С. Алтаева НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ РАЗВИТИЯ РЕГИОНА.....	69
К.М. Алдабергенова, А.Б. Касекеева, М.Ж. Айтимов, К.К. Дауренбеков, Т.Н. Есикова СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАРКЕТИНГОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛОГИСТИКОЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА.....	85
А.Е. Абжанова, А.А. Быков, С.К. Сагнаева, Е.А. Абжанов, Д.И. Суржик ОПТИМИЗАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГРУНТА С УЧЕТОМ ПОДЗЕМНЫХ ГРУНТОВЫХ ВОД.....	96
А.М. Бисенгалиева, А.У. Исембаева, Т.К. Душаева, Н.М. Алмабаева, Г.О. Ильясова ОХВАТ КЛЮЧЕВЫХ СЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ.....	108
А.Х. Давлетова, Н.Н. Оразова, Ж.Б. Сайлау, Д.Н. Курмангалиева, Г.Л. Абдугалимов ПУТИ ПОДГОТОВКИ УЧАЩИХСЯ НАЧАЛЬНЫХ КЛАССОВ К МЕЖДУНАРОДНОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ PIRLS С ПОМОЩЬЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	120
Г. Есмагамбетова, А. Кубигенова, А. Актаева, И. Цэрэн-Онолт, М. Есмагамбет МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ.....	137
Г.К. Ешмурат, Л.С. Каинбаева МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ТРЕВОЖНОСТЬ И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА КАРЬЕРУ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ МАТЕМАТИКИ.....	149
Т.К. Жукабаева, В.А. Десницкий, Е.М. Марденов МЕТОДИКА СБОРА, ПРЕОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ.....	163
А.М. Джумагалиева, А.А. Шекербек, Ж.Ж. Хамитова, М. Свобода, С.А. Калдар ПОВЫШЕНИЕ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ С ПОМОЩЬЮ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ ПОСРЕДСТВОМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	177
А.А. Исмаилова, Г.Е. Мырзабекова, М.Ж. Базарова, Г.Ж. Нурова, Г.Т. Азиева ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЦЕН НА ФОНДОВОМ РЫНКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ	

ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ.....	190
К. Кошанова, Ш. Сапарбайқызы, К.Е. Жангазакова, А.С. Сагынбай, Э. Куриэль-Марин	
МАКСИМАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ОБРАЗОВАНИЯ В STEM: ВКЛАД, ПРОБЛЕМЫ И СТРАТЕГИИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ.....	205
А.А. Муханова, С.К. Кожукаева, Л.Г. Рзаева, Ж.Е. Доумчариева, У.Т. Махажанова	
ПРИМЕНЕНИЕ И АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕТЧАТКИ ГЛАЗА НА ОСНОВЕ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ.....	218
Ә.Ж. Омуртаева, У.Т. Махажанова, М.А. Кантуреева, Г. Ускенбаева, Т.Н. Есикова	
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ...235	
А.Р. Оразаева, Д.А. Тусупов, В. Войчик, А.К. Шайханова, Г.Б. Бекешова	
ЭФФЕКТИВНОЕ ВЫЯВЛЕНИЕ ПАТОЛОГИИ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	246
Б.Б. Оразбаев, Б.У. Асанова, Ж.Ж. Молдашева, Ж.Е. Шангитова	
ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОКСОВЫХ РЕАКТОРОВ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕТКОСТИ И ЭВРИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ЕЕ РЕШЕНИЯ.....	258
Г.А. Салтанова, К.Б. Багитова, Г.А. Дашева, М.Е. Шангитова, Э.Г. Гайсина	
РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УНИВЕРСИТЕТСКОЙ БИБЛИОТЕКИ: ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМИ РЕСУРСАМИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ.....	269
Л.Т. Салыбек, К.Н. Оразбаева, В.Е. Махатова, Л.Т. Курмангазиева, Б.Е. Утенова	
РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ АТМОСФЕРНОГО БЛОКА УСТАНОВКИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ НА ОСНОВЕ ДОСТУПНОЙ ИНФОРМАЦИИ РАЗЛИЧНОГО ХАРАКТЕРА	285
А. Сейтенов, Т. Жукабаева, С. Ал-Маджид	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ С ЭЛЕКТРОННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ КАРТОЙ.....	297
Г.Б. Турмуханова, А.А. Таутенбаева, Г.Т. Бекова, С.Б. Нугуманов, Я. Култан	
ФОРМИРОВАНИЕ МЯГКИХ НАВЫКОВ СТУДЕНТОВ УНИВЕРСИТЕТА ПОСРЕДСТВОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СООБЩЕСТВАХ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ.....	310
А.С. Тыныкулова, А.В. Фаддеенков, А.А. Муханова, А.У. Искалиева, А.Б. Абулкасова	
АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ: СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ.....	325
Ж.Р. Умарова, Г.Ж. Ельбергенава, Н.С. Жуматаев, А.Х. Махатова, С.Б. Ботаева	
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ПЕРЕНОСА ВЕЩЕСТВА В МОЛЕКУЛЯРНЫХ СИТАХ НА МЕЗОСКОПИЧЕСКОМ УРОВНЕ.....	336

CONTENTS

N. Abdrazakuly, L. Cherikbayeva, N. Mukazhanov, Zh. Alibiyeva CREATING AN EFFECTIVE IMAGE PROCESSING ALGORITHM BASED ON AN ENSEMBLE APPROACH.....	7
B.T. Abykanova, A.A. Tautenbayeva, A.Γ. Amangosova, G.T. Bekova, A.Zh. Akmatbekova INTERACTIVE EDUCATIONAL TECHNOLOGIES IN IMPROVING AND DEVELOPING STUDENTS' AGENCY.....	30
Zh.Zh. Azhibekova, D.I. Ussipbekova, B. Djakhanova, B.K. Zhylanbaeva, A.N. Tursun REMOVING CLOUDS AND NEBULAE FROM SPACE IMAGES USING MACHINE LEARNING METHOD.....	43
M. Aitimov, G.B. Abdikerimova, K.K. Makulov, B.A. Doszhanov, R.U. Almenayeva STUDY OF THE EMOTIONAL TONE OF A TEXT USING MACHINE AND DEEP LEARNING ALGORITHMS.....	57
A. Akynbekova, A. Mukhanova, Salah Al-Majeed, G. Altayeva FUZZY DECISION MAKING MODELS FOR ASSESSING SOCIAL PROCESSES OF REGIONAL DEVELOPMENT.....	69
K.M. Aldabergenova, A.B. Kassekeyeva, M. Aitimov, K. Daurenbekov, T.N. Esikova IMPROVEMENT OF MARKETING MANAGEMENT OF LOGISTICS OF THE AGRICULTURAL COMPLEX.....	85
A.E. Abzhanova, A.A. Bykov, S.K. Sagnaeva, E.A. Abzhanov, D.I. Surzhik OPTIMIZATION OF SOIL MODELING WITH CONSIDERATION OF UNDERGROUND GROUNDWATER.....	96
A.M. Bissengaliyeva, A.U. Issembayeva, T.K. Dushayeva, N.M. Almabayeva, G.O. Ilyassova KEYWORD COVERAGE USING SEMANTIC DATA ANALYSIS.....	108
A.Kh. Davletova, N.N. Orazova, Zh.B. Sailau, D.N. Kurmangalieva, G.L. Abdugaliyev WAYS TO PREPARE PRIMARY SCHOOL STUDENTS FOR INTERNATIONAL PIRLS RESEARCH USING INFORMATION TECHNOLOGY.....	120
G. Yesmagambetova, A. Kubigenova, A. Aktayeva, I. Tseren-Onolt, M. Esmaganbet METHODS OF BIOMETRIC DATA PROTECTION BASED ON QUANTUM COMPUTING.....	137
G.K. Yeshmurat, L.S. Kainbayeva UNDERSTANDING MATH ANXIETY AND ITS IMPACT ON MATH EDUCATION STUDENTS' CAREERS.....	149
T.K. Zhukabayeva, V.A. Desnitsky, E.M. Mardenov A TECHNIQUE FOR COLLECTION, PREPROCESSING AND ANALYSIS OF DATA IN WIRELESS SENSOR NETWORKS.....	163
A.M. Jumagaliyeva, A.A. Shekerbek, Zh.Zh. Khamitova, M. Svoboda, S. Kaldar ENHANCING CYBERSECURITY WITH ADAPTIVE ANOMALY DETECTION SYSTEMS THROUGH MACHINE LEARNING.....	177
A.A. Ismailova, G. Murzabekova, M.Zh. Bazarova, G.Zh. Nurova, G.T. Azieva FORECASTING PRICES IN THE STOCK MARKET USING DEEP LEARNING METHODS.....	190

G. Kochshanova, Sh. Saparbaykyzy, K.Y. Zhangazakova, A.S. Sagynbay, E. Curiel-Marin MAXIMIZING THE POTENTIAL OF STEM EDUCATION: CONTRIBUTIONS, CHALLENGES, AND STRATEGIES TO IMPROVE LEARNING OUTCOMES.....	205
A.A. Mukhanova, S.K. Kozhukaeva, L.G. Rzayeva, Zh.E. Doumcharieva, U.T. Makhazhanova APPLICATION AND ANALYSIS OF DEEP LEARNING MODELS FOR DIAGNOSIS OF RETINAL DISEASES FROM MEDICAL IMAGES.....	218
A. Omurtayeva, U. Makhazhanova, M. Kantureyeva, G. Uskenbayeva, T.N. Esikova METHODOLOGY FOR ASSESSING THE INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF AGRICULTURAL ENTERPRISES BASED ON THE PRESENTATION OF KNOWLEDGE.....	235
A.R. Orazayeva, J.A. Tussupov, W. Wójcik, A.K. Shaikhanova, G.B. Bekeshova EFFECTIVE DETECTION OF BREAST PATHOLOGY USING MACHINE LEARNING METHODS.....	246
B.B. Orazbayev, B.U. Asanova, Zh.Zh. Moldasheva, Zh.E. Shangitova FORMULATION OF THE PROBLEM OF MULTICRITERIAL OPTIMIZATION OF OPERATING MODES OF COKE REACTORS UNDER FUZZY CONDITIONS AND A HEURISTIC METHOD FOR ITS SOLUTION.....	258
G.A. Saltanova, K.B. Bagitova, G.A. Dasheva, M.E. Shangitova, E.G. Gaisina DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED UNIVERSITY LIBRARY INFORMATION SYSTEM: INFORMATION RESOURCE MANAGEMENT OPTIMIZATION AND EFFECTIVE USER SERVICE PROVISION.....	269
L. Salybek, K. Orazbayeva, V. Makhatova, L. Kurmangazieva, B. Utenova DEVELOPMENT OF MODELS OF THE ATMOSPHERIC BLOCK OF A PRIMARY OIL PROCESSING PLANT BASED ON AVAILABLE INFORMATION OF VARIOUS NATURE.....	285
A. Seitenov, T. Zhukabayeva, S. Al-Majeed DESIGNING A MODEL OF A TELEMEDICINE INFORMATION SYSTEM WITH ELECTRONIC MEDICAL RECORD.....	297
G.B. Turmukhanova, A.A. Tautenbayeva, G.T. Bekova, S.B. Nugumanov, K. Yaroslav FORMATION OF UNIVERSITY STUDENTS' SOFT SKILLS THROUGH INTERACTION I N SOCIAL NETWORKING COMMUNITIES.....	310
A.S. Tynykulova, A.V. Faddeenkov, A.A. Mukhanova, A. Iskaliyeva, D.B. Abulkassova ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF RISK MANAGEMENT IN CONDITIONS OF UNCERTAINTY: MODERN METHODS AND TECHNOLOGIES.....	325
Zh. Umarova, G. Yelbergenova, N. Zhumatayev, A. Makhatova, S. Botayeva INTELLIGENT ANALYSIS OF SUBSTANCE TRANSPORT ALGORITHM IN MOLECULAR SIEVES AT THE MESOSCOPIC LEVEL.....	336

**Publication Ethics and Publication Malpractice
the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://physics-mathematics.kz/index.php/en/archive>

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Подписано в печать 15.06.2024.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать-ризограф.

21,0 п.л. Тираж 300. Заказ 2.